

5.1.4. Mecanismos de comunicação olfactiva

O termo feromona foi pela primeira vez referido por Karlson e Lüscher (1959) para descrever um volátil libertado por um organismo que provoca uma resposta num organismo receptor da mesma espécie.

Posteriormente Wilson (1963) demonstrou existirem dois tipos de feromonas:

Tipo libertador (releaser): feromonas que provocam uma resposta comportamental imediata e reversível no animal receptor.

Tipo primário (primers): feromonas cujo o efeito só é observável algum tempo após a reacção do estímulo, pois provocam uma alteração a nível fisiológico com posterior efeito comportamental.

O termo alomona foi usado para descrever uma mensagem recebida por um organismo receptor de uma espécie diferente do organismo emissor.

Na terminologia geral das substâncias semio-químicas ambos os tipos de mensagens olfactivas, feromonas e alomonas estão incluídos.

As feromonas são usualmente produzidas por glândulas modificadas das células da epiderme do integumento, que podem situar-se em qualquer local do corpo do insecto (Percy & Weatherston, 1974).

Em machos maduros de *Schistocerca gregaria* foram identificadas células secretoras individuais, por entre células da epiderme não especializadas, situadas na cabeça, no tórax, nas patas e entre o 2º e o 7º segmento abdominal. As células eram particularmente evidentes em machos na fase gregária, mas apenas uma pequena porção dessas células foi observada em fêmeas maduras na fase gregária (Thomas, 1970).

A função destas células parece estar associada à produção de uma feromona de maturação, produzida por machos maduros que influenciará tanto os machos como as fêmeas (Thomas, 1970).

A importância das feromonas, na vida dos insectos, associada ao facto de normalmente estes compostos serem libertados em concentrações muito reduzidas, indica que os insectos se encontram bem equipados com mecanismos muito eficientes de detecção dessas moléculas, e subseqüentemente de descodificação da informação contida nessas substâncias (Payne, 1974).

Estes mecanismos também devem possuir um alto grau de selectividade para determinados compostos, devido à complexidade de odores que existem no ambiente, e devem ser capazes de registar a presença de uma feromona para determinadas espécies, mistura de feromonas para outras espécies, ou ainda mistura de feromonas e outros odores para um terceiro grupo de espécies (Payne, 1974).

Experiências com ablação de antenas e investigações a nível electrofisiológico em relação às respostas a nível olfactivo mostraram que, para a maioria dos insectos estudados, o sentido olfactivo está essencialmente ligado à antena e especificamente a certas células (sensilas) existentes nesta (Payne, 1974).

Podem considerar-se 4 tipos de sensilas existentes em antenas de insectos: tricóides, basicónicas, placóides e celacónicas.

Estas sensilas variam em tamanho, por exemplo a sensila tricoide e a basicónica variam em comprimento de 45 a 370 μm e de 8 a 40 μm , respectivamente. Para além de variarem em tamanho, o número de células sensoriais que estão associadas a um tipo de sensila, é também variável para uma determinada espécie. Por exemplo, na borboleta *Bombyx mori* L. existem 1 ou 2 células sensoriais nas sensilas tricóides e 1 a 3 nas sensilas basicónicas; em contraste, no gafanhoto migratório (*Locusta migratoria* R. & F.) existem 25 a 45 células sensoriais por sensila basicónica (Payne, 1974).

O número de poros por sensila também varia bastante, dependendo da espécie estudada e do tipo de sensila. A complexidade das sensilas, responsáveis pela resposta a nível olfactivo, não está associada simplesmente à sua morfologia externa, mas depende também em larga escala da sua morfologia interna.

A morfologia externa e interna das sensilas olfactivas fornecem uma estrutura complexa, através da qual as moléculas de feromonas entram em contacto com os receptores periféricos do sistema nervoso dos insectos, iniciando desse modo a transdução, isto é a transformação do estímulo numa resposta bioeléctrica. Este processo é atribuído às propriedades das moléculas (forma, tamanho, localização, natureza dos grupos funcionais), oscilações especiais provocadas pelo odor das moléculas e pelo local receptor e propriedades de adsorção.

A investigação da percepção de feromonas em insectos tem-se desenvolvido em dois campos: a nível das alterações de comportamento e a nível fisiológico. No primeiro caso os investigadores recorrem geralmente a biotestes, que fornecem indicações sobre o papel de vários factores biológicos que afectam o modo de actuação das feromonas, nomeadamente: estrutura molecular das feromonas; especificidade em

relação às espécies, sexo, idade, estado fisiológico e de desenvolvimento; localização dos órgãos de percepção de feromonas. Complementarmente os biotestes podem ainda fornecer indicações sobre a influência de alguns parâmetros ambientais, como sejam a intensidade luminosa, ou a temperatura, entre outros. Não obstante, a utilização de biotestes não é suficiente para se alcançar um conhecimento completo desta problemática. Em alguns casos a ausência de uma resposta a nível comportamental, em relação a uma substância semio-química, não quer necessariamente dizer que o insecto não seja sensível aquela substância (Payne, 1974).

A eficiência de um mecanismo receptor de feromonas pode ser avaliado, através do estudo das respostas dos receptores a alterações de comportamento nos insectos. A qualquer nível, a especificidade de uma feromona para um insecto é determinada pela presença ou ausência dos receptores necessários na antena do insecto.

Na recepção e descodificação de feromonas os insectos estão equipados, tanto a nível morfológico como fisiológico com mecanismos muito eficientes que lhes permitem colectar as moléculas constituintes da feromona e transformarem essa informação numa importante resposta comportamental. Para este mecanismo contribuem também factores ambientais que provocam alterações na percepção de feromonas (Payne, 1974).

Em muitos casos, a produção de substâncias semio-químicas não se mantém continuamente, durante a vida adulta do insecto. Nem a resposta a essa substância por parte do animal atingido se mantém constante. Alguns factores fisiológicos e certas variáveis ambientais influenciam a taxa de libertação das feromonas. Segundo Shorey (1974), existe um número bastante elevado de variáveis que podem influenciar o processo de percepção de feromonas, onde se podem incluir, as variáveis ambientais tais como: intensidade luminosa; temperatura; velocidade do ar (vento); e plantas usadas na alimentação; as variáveis fisiológicas, tais como: período do dia e ritmos circadianos; sexo; idade; comportamento associado à feromona sexual; exposição prévia à feromona; comportamento característico na reprodução; e ainda outras variáveis que influenciam a taxa de libertação das feromonas, tais como: anestésias; insecticidas; esterilizações; hormonas; densidade populacional; nutrição e tensões provocadas pela manutenção de culturas em laboratório.

Quando os animais estão expostos a estímulos constantes e repetitivos, através dos sistemas olfactivos, visuais e auditivos, a sua capacidade de resposta ao estímulo diminui. Existem basicamente duas causas responsáveis por este fenómeno:

1. Adaptação sensorial (tempo de recuperação – que pode atingir alguns segundos) – um neurónio exposto a um nível constante de estímulo aumenta a sua resposta até ao limite, após esse ponto cessa, ou diminui, a transmissão de potenciais de acção, que indicam a presença de uma feromona, para o sistema nervoso central.
2. Habituação (tempo de recuperação – geralmente de alguns minutos a horas) – a habituação a nível do olfacto parece conduzir a uma inibição, que ocorre em um ou mais locais do sistema nervoso central.

5.1.5. Tipos de substâncias semio-químicas potencialmente importantes na gestão de populações de Caelifera

Desde a identificação da primeira feromona em insectos, obtida a partir da borboleta *Bombyx mori*, por Butenandt e a sua equipa em 1959, tem-se verificado um interesse crescente por estas substâncias e pela sua aplicação potencial na gestão integrada de pragas.

O estudo das substâncias semio-químicas e as reacções que elas provocam, constitui uma parte da ecologia química e contribui para a compreensão do comportamento, desenvolvimento e evolução dos organismos (Aelopoulos *et al.*, 1999). No entanto, e de um ponto de vista prático, as investigações levadas a cabo nesta área, também fornecem as bases para o uso das substâncias semio-químicas no controlo de pragas, como alternativa ao uso exclusivo de pesticidas muito tóxicos.

Os insectos usam a informação química proveniente do ambiente, em todos os estágios de desenvolvimento, para localizarem fontes de alimento, locais de oviposição e de hibernação, seleccionarem parceiro sexual, e evitarem situações perigosas, ou habitats insustentáveis.

As substâncias semio-químicas, que têm a potencialidade de atrair ou repelir insectos, ou que aumentam ou inibem a acção de outros químicos, apresentam um potencial de utilização no controlo directo de pragas, através da captura massiva de insectos em armadilhas, interrupção da cópula, desorientação das pragas na localização dos locais de alimento ou de oviposição. As substâncias semio-químicas quando são utilizadas em interacções multitróficas, também podem influenciar o comportamento dos inimigos naturais da praga. A maior parte dessas actividades poderão ser incorporadas em estratégias de gestão integradas de pragas (Aelopoulos *et al.*, 1999).

A informação recebida pelas células sensoriais é integrada no cérebro dos insectos sob a forma de sinais eléctricos, que podem ser medidos. A actividade

electrofisiológica pode ser estimada através de electroantenografia (EAG), na qual se coloca um eléctrodo em cada extremidade da antena e obtém-se uma resposta global das células sensoriais localizadas nessa antena. Este sistema pode ligar-se a um cromatógrafo gasoso de alta resolução (GC), em que o fluxo da coluna do GC é dividido em duas partes iguais: uma para o detector ionizante da chama (FID) do GC e outra para a antena. Com esta técnica é possível localizar numa mistura complexa, qual o composto que desencadeia actividade biológica no insecto.

Os compostos activos são identificados usando-se um sistema constituído por um cromatógrafo gasoso e um espectrómetro de massa (GC-MS), efectuando-se a confirmação da sua constituição após a injeção dos compostos puros.

A actividade electrofisiológica de um composto, embora sugira que esse composto é importante para o insecto, não fornece indicação sobre o seu papel a nível comportamental, nem se essa actividade apenas ocorre numa concentração particular, ou em combinação com outros componentes. Outros tipos de estímulos, incluindo o visual, poderão ser necessários para a produção da actividade comportamental. A identificação de compostos requer a avaliação em experiências laboratoriais, tais como estudos de olfactometria, ou em túneis de vento, usando insectos no estado fisiológico apropriado de forma a produzir-se um comportamento interessante (Aelopoulos *et al.*, 1999).

Os compostos encontrados, ou as misturas de compostos, devem ser testados no campo para determinação da sua capacidade para influenciar o comportamento de populações naturais de pragas e dos seus inimigos naturais. Se as experiências de campo produzirem resultados promissores poderá dar-se início ao processo de formulação, aplicação e comercialização desses compostos.

Como complemento do exposto, deve referir-se o aparecimento de novas substâncias semio-químicas, as paraferomonas, que são compostos sintéticos relacionados com os compostos naturais da feromona (Renou & Guerrero, 2000).

Os testes electrofisiológicos têm sido amplamente utilizados com o objectivo de se detectar o efeito das paraferomonas nos órgãos olfactivos dos insectos. Verifica-se normalmente, nestes testes que a feromona natural induz as reacções de sinal mais forte. É possível quantificar de modo preciso as respostas dos insectos aos testes de electroantenografia recorrendo a curvas de dose-resposta. No entanto, a técnica requer que seja efectuada uma correcção de amplitudes, de acordo com o ponto de volatilização de cada substância, para que se possam comparar respostas (Renou & Guerrero, 2000).

A utilização de paraferomonas conhece um elevado potencial de aplicação em estratégias de gestão de pragas, particularmente quando a produção da feromona natural apresenta alguns problemas, tais como, custos elevados de produção, curta longevidade, ou rápida degradação em condições naturais (Renou e Guerrero, 2000).

Não obstante, a utilização de formulações sintéticas (paraferomonas) deverá ter em atenção três importantes critérios: a eficiência da mistura deve ser otimizada, a especificidade deve ser preservada e a estabilidade deve ser assegurada (Renou & Guerrero, 2000).

Tal como as feromonas, as paraferomonas constituem produtos pouco tóxicos, com excepção de alguns compostos. Do ponto de vista prático, a redução de riscos para espécies não-alvo aliada à sua especificidade a nível das espécies, às pequenas doses necessárias, e à sua volatilidade, minimizam o risco da sua utilização no campo. No entanto, devido ao tempo dispendido e aos custos necessários para se registar os compostos, as paraferomonas serão provavelmente apenas desenvolvidas para as culturas agrícolas mais comuns (Renou & Guerrero, 2000).

A investigação conduzida em redor das paraferomonas provou que estas poderão providenciar soluções específicas para problemas práticos causados pelas feromonas, tais como a estabilidade e os custos de síntese.

Algumas experiências demonstraram a capacidade das paraferomonas de antagonizar a actividade das feromonas, no entanto ainda não é completamente conhecido o mecanismo pelo qual as paraferomonas interagem com a detecção das feromonas. A maior parte dos estudos de electroantenografia focam-se na resposta a apenas um composto, e a importância das interações sinérgicas e inibitórias entre compostos e a nível das células é provavelmente subestimada. Um melhor conhecimento dos efeitos relacionados com a utilização de paraferomonas, a nível das alterações de comportamento, poderá fornecer pistas para o desenvolvimento de novas moléculas bioactivas (Renou & Guerrero, 2000).

As substâncias semio-químicas responsáveis pela comunicação olfactiva têm um papel chave na bioecologia dos Acrididae (Nolte, 1963; Gillett, 1968). Deve-se referir que os estímulos visuais, acústicos e tácteis assumem igualmente um papel importante na bioecologia destes animais (Ellis, 1959; Ellis & Pearce, 1962).

As feromonas poderão ser as principais responsáveis pela regularização dos processos que levam à gregarização, maturação e postura em gafanhotos (Norris, 1970; Loher, 1990; Francke & Schmidt, 1994).

No caso particular das populações de gafanhotos, as feromonas de tipo libertador provocam um comportamento de agregação que pode contribuir para a transformação fisiológica (associada a transformações de comportamento, bioquímicas e morfológicas) da passagem de gafanhotos da fase solitária para a fase gregária. Os sinais que vão mediar a formação deste comportamento designam-se por feromonas de agregação, ou de coesão, e os que surgem posteriormente por feromonas de gregarização (Hassanali & Torto, 1999).

- **Feromonas de *Locusta migratoria migratorioides***

As substâncias semio-químicas detectados até agora em *L. m. migratorioides* podem ser colocados em duas categorias: feromonas que influenciam os padrões de oviposição e os parâmetros de fecundidade; feromonas que promovem a gregarização, ou um desenvolvimento sincronizado.

No entanto as mesmas substâncias podem por vezes estar envolvidas em múltiplas funções, como por exemplo agregação ou estimulação da oviposição (Paiva, 1997).

1. Feromonas que influenciam a oviposição e a fecundidade

Foi pela primeira vez descrita a existência de uma feromona das fêmeas de *L. m. migratorioides* que influencia o comportamento de oviposição em fêmeas próximas de outras que estão a ovipositar (Norris, 1950). Foi também descrito um desenvolvimento mais lento dos oócitos em fêmeas copuladas de *L. m. migratorioides* em comparação com fêmeas isoladas, o que estava relacionado com a acumulação de material neuro-segregado nos pares intercerebrais, um agente inibidor emitido por outras fêmeas previne a libertação desse material (Highman & Haskell, 1964). Este resultado está de acordo com o trabalho desenvolvido por Pener (1990), que verificou ser a duração do período de pré-oviposição maior em fêmeas copuladas do que em fêmeas virgens de *L. migratoria*.

Foi observado por Lauga & Hatte (1977, 1978) que as fêmeas solitárias eram atraídas para ovipositar em areia que anteriormente já tinha sido utilizada para a oviposição, por fêmeas gregárias.

Em observações laboratoriais realizadas por Paiva (1997), foi detectada uma clara tendência, em fêmeas que ainda não tinham ovipositado, para ficarem imobilizadas próximo de outra fêmea que se encontrava a ovipositar. Algumas observações de campo confirmam essa tendência (Ferenz *et al.*, 1994). A existência provável de uma feromona que medeia a oviposição, e provoca uma reacção do tipo “arrestment” é globalmente aceite, embora ainda não se tenha conseguido o isolamento desta

substância. Lange e Laughton (1985) mostraram que um factor que estimula a oviposição, é produzido na glândula reprodutiva acessória das fêmeas de *L. migratoria*.

2. Feromonas que promovem a gregarização ou um desenvolvimento sincronizado

Uvarov (1937) referiu, pela primeira vez, que a transformação de fase em *L. migratoria* não depende apenas do aumento da densidade dos indivíduos, mas também de reacções sensoriais existentes entre os indivíduos.

O papel potencial das feromonas na passagem para a fase gregária foi pela primeira vez reconhecido por Nolte (1963), e mais tarde confirmado por Gillet (1983). Esta indicação foi obtida a partir de observações em laboratório, tendo-se verificado que gafanhotos isolados de *S. gregaria*, *L. migratoria* e *Locustana pardalina* (Walker), mantidos na mesma sala com gafanhotos na fase gregária, continuavam a ter a pigmentação e outras características morfológicas características da fase gregária. Foi proposto que uma feromona volátil promovia a gregarização, inibindo a passagem à fase solitária dos gafanhotos que se encontravam nesta fase. A fonte de feromona foi procurada nas fezes de ambos os tipos de gafanhotos imaturos e nas ninfas de último instar (Nolte *et al.*, 1973). Actualmente acredita-se que este tipo de feromona existe em outras espécies de Acrididae. Em *L. migratoria*, esta feromona influencia a transformação de fase e induz a passagem para a fase gregária (Laher, 1990; Byers, 1991).

Os efeitos provocados por uma feromona de gregarização incluem mudanças de cor e morfológicas (Rowell, 1971; Byers, 1991), redução do tempo de desenvolvimento nas ninfas de 5º instar (Nolte, 1976), e em geral aquisição de características típicas da fase gregária. No entanto a informação acerca destes indicadores é contraditória (e.g. Nolte *et al.*, 1970; Dearn, 1974; Nolte, 1976), tornando-se por isso questionáveis muitas das conclusões obtidas.

Greenwood e Chapman (1984) observaram que as ninfas de 5º instar e os adultos da fase solitária de *L. migratoria* possuíam um número superior de sensilas olfactivas nas antenas, quando comparados com as formas gregárias. Esta observação pode ser descrita como um traço evolutivo que pode representar um valor adaptativo.

A substância semio-química guaiacol foi um dos 2 componentes principais extraídos a partir das fezes das ninfas de ambos os sexos de *L. m. migratorioides* por Nolte *et al.*, (1973). A 2ª substância foi o locustol (2-methoxy-5-ethylphenol, também chamado de 5-ethyl-guaiacol), uma substância referida como sendo um sincronizador da muda (Nolte *et al.*, 1973; Nolte, 1976). No entanto análises recentes em diferentes

laboratórios não encontraram a presença deste composto nos voláteis provenientes do ar que envolvia os gafanhotos e das suas fezes (Gillett, 1983; Fuzeau-Braesch *et al.*, 1988; Francke & Schmidt, 1994; Ferenz *et al.*, 1994; Obeng-Ofori *et al.*, 1994b; Torto *et al.*, 1994, 1996).

Foram identificadas substâncias como o fenol, o guaiacol e o veratrol no ar que rodeava as gaiolas de *L. m. migratorioides* (Fuzeau-Braesch *et al.*, 1988), e uma mistura destes 3 álcoois apresentou características de feromona de coesão, tanto para machos como para fêmeas. No entanto alguns investigadores criticaram o modo como estes biotestes foram realizados (e.g. Byers, 1991), não se tendo assim obtido consenso acerca do potencial destes químicos para actuarem como feromona de gregarização.

- **Feromonas de *Schistocerca gregaria***

Nos artigos mais recentes, as investigações desenvolvidas com o objectivo de se descodificar os detalhes associados à libertação de feromonas, foram realizadas quase exclusivamente para a espécie *Schistocerca gregaria*. As substâncias semioquímicas detectadas (Figura 5.2 e Tabela 5.2) podem ser colocadas em várias categorias:

1. Feromonas de agregação, em adultos da fase gregária de *Schistocerca gregaria*;
2. Feromonas de agregação em ninfas gregárias de *Schistocerca gregaria*;
3. Factores de sincronização da maturação
4. Factores de passagem à fase solitária
5. Feromonas que influenciam os padrões de oviposição e os parâmetros de fecundidade.

- 1. Feromonas de agregação em adultos da fase gregária de *Schistocerca gregaria***

A produção de feromonas de agregação é específica dos machos adultos maduros de *S. gregaria*. Esta produção acontece em resposta a uma mistura que contém fenilacetónitril, anisol, veratrol, benzaldeído, guaiacol e fenol (Torto *et al.*, 1994). Na ausência dos machos maduros, os machos jovens agregam-se em resposta ao guaiacol e fenol, presentes nas suas próprias fezes e na das ninfas às quais eles se associam durante a marcha (Obeng-Ofori *et al.*, 1994b). Estes resultados indicam a existência de uma diferenciação sexual na produção da feromona de agregação nos machos maduros de *S. gregaria* na fase gregária (Obeng-Ofori *et al.*, 1994a).

- 2. Feromonas de agregação em ninfas gregárias de *Schistocerca gregaria***

Ninfas do 2^o ao 5^o instar de *Schistocerca gregaria* partilham uma feromona comum, que provoca a agregação destas, mas que não apresenta qualquer efeito nos adultos. Ambos os sexos produzem a feromona (Obeng-Ofori *et al.*, 1993, 1994a; Torto *et al.*, 1996).

3. Substâncias que promovem uma sincronização na maturação

A gregarização nos gafanhotos que apresentam um polimorfismo de fases envolve não apenas as transformações individuais a nível fisiológico dos gafanhotos, provocando assim as transformações a nível de comportamento e morfologia, mas também uma sincronização na maturação e desenvolvimento individual na população.

A sincronização da maturação é um processo crítico no surgimento da fase gregária nos gafanhotos, e assegura que as próximas gerações se mantenham espacialmente e temporalmente coesas. Para este processo parecem contribuir dois mecanismos diferentes, que estão associados aos gafanhotos do deserto (Hassanali & Torto, 1999):

- Sinais interespecíficos associados com arbustos existentes no deserto, que poderão em primeiro lugar afectar os gafanhotos adultos na fase solitária;
- Sinais intraespecíficos produzidos pelas ninfas gregárias e adultos maduros, que inibem e aceleram, respectivamente, a maturação de jovens adultos.

4. Factores de promovem a passagem à fase solitária

Foi observado pela primeira vez (Gillett *et al.*, 1976) que as fezes de gafanhotos adultos da fase gregária de *Schistocerca gregaria*, provocavam efeitos de passagem à fase solitária em ninfas gregárias. Embora a existência de substâncias semio-químicas que provocam a passagem à fase solitária continue no campo hipotético, o efeito observado foi utilizado como base de experiências que procuraram detectar uma diferença feromonal entre as ninfas e os adultos (Obeng-Ofori *et al.*, 1993, 1994b; Torto *et al.*, 1994). Verificou-se assim que, componentes existentes nas substâncias semio-químicas emitidas pelos adultos conduziam a uma dispersão nas ninfas e vice-versa.

Os gafanhotos na fase solitária não produzem as mesmas feromonas que os gafanhotos na fase gregária produzem em concentrações significativas, desta forma parece improvável que os animais da fase solitária estejam envolvidos na iniciação da transformação de fase solitária para a fase gregária (Hassanali & Torto, 1999).

5. Feromonas que influenciam os padrões de oviposição e os parâmetros de fecundidade

Dois tipos de efeitos provocados por substâncias semio-químicas associadas à oviposição foram descritos para gafanhotos (Hassanali & Torto, 1999):

- Um sinal tipo libertador, que provoca um comportamento de grupo levando as fêmeas a ovipositar num determinado local.
- Um sinal tipo “primer”, que afecta tanto os caracteres gregários dos insectos como a sua taxa de reprodução (alteração do número de ovos por ooteca, e do ritmo de oviposição).

É possível que o comportamento de oviposição das fêmeas de *Schistocerca gregaria* seja influenciado por dois tipos de substâncias: 1º aquelas associadas à espuma das ootecas; 2º as produzidas pelos machos maduros (Saini *et al.*, 1995).

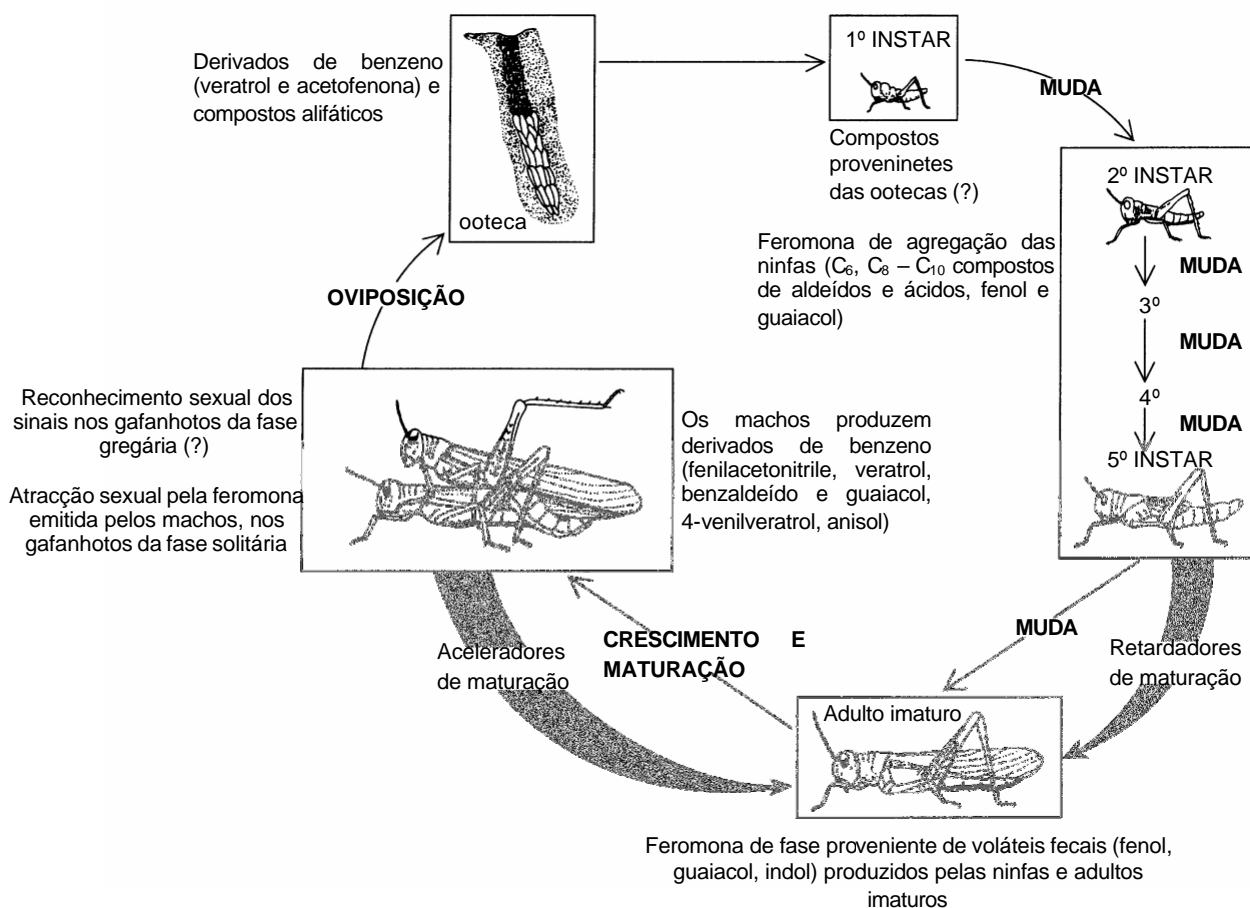


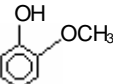

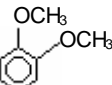

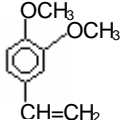


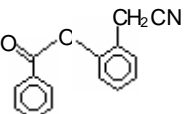
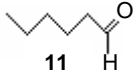
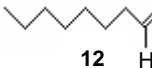
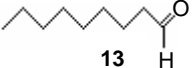
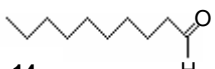
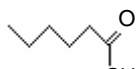
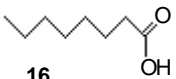
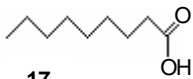
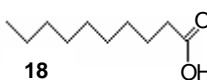



Figura 5.2 - Ciclo de vida do gafanhoto do deserto, *Schistocerca gregaria*, onde se encontram realçadas as situações em que as feromonas actuam. Modificado de Hassanali & Torto (1999).

Tabela 5.1 - Substâncias semio-químicas libertadas por *Schistocerca gregaria*. Modificado de Hassanali & Torto (1999).

	Publicação (Autor/Ano)	Tipo de Substância	Fórmulas Químicas	Tipo de ação
Feromonas de agregação de ♂♂ adultos de <i>S. gregaria</i>	Fuzeau-Braesch <i>et al.</i> , 1988	1. fenilacetoneitrilo		1. Agregação de adultos (substâncias 1-4) 2. Aceleradores de maturação (substâncias 6, 2, 5, 1, 7), estas apresentam as concentrações mais elevadas, quando comparadas com as outras substâncias (substâncias 3, 4, 8, 10, 9) estas apresentam concentrações menores a 1%, quando comparadas com as outras substâncias
	Hansson <i>et al.</i> , 1996	2. benzaldeído		
		3. guaiacol		
	Obeng-Ofori <i>et al.</i> , 1993, 1994b	4. fenol		
		5. veratrol		
		6. anisol		
	Njagi <i>et al.</i> , 1996	7. 4-venilveratrol		
		8. álcool benzílico		
	Torto <i>et al.</i> , 1994, 1996	9. benzoil-nitrilo		
		10. 2-benzoil-oxifenil-acetonitrilo		
Feromonas de agregação de ninfas de <i>S. gregaria</i>	Assad <i>et al.</i> , 1997b	3. guaiacol		1. Agregação de ninfas (substâncias 3, 4 e 11-17) 2. Retardadores de maturação (substâncias 3, 4, e 11-17)
		4. fenol		
	Obeng-Ofori <i>et al.</i> , 1993, 1994a 1994b	11. hexanal		
		12. octanal		
		13. nonanal		
		14. decanal		
	Torto <i>et al.</i> , 1996, 1999	15. ácido hexanoico		
		16. ácido octanoico		
		17. ácido nonanoico		
	18. ácido decanoico			
Substâncias semio-químicas associadas à oviposição em ♀♀ de <i>S. gregaria</i>	Rai <i>et al.</i> , 1997	5. veratrol		1. Induzem a oviposição em ♀♀ grávidas.
	Torto <i>et al.</i> , 1999	19. acetofenona		

Pode estabelecer-se um paralelismo entre o comportamento resultante da actuação de feromonas para *L. m. migratorioides* e *S. gregaria*. Um estudo realizado por Niassy (1997) com respostas cruzadas às substâncias semio-químicas libertadas por *S. gregaria* e *L. m. migratorioides* indica existir alguma semelhança na composição das feromonas, para estas duas espécies. No entanto encontraram-se também algumas diferenças significativas. Em comparação com *S. gregaria*, os gafanhotos de *L. m. migratorioides* mostraram um padrão mais fraco de fase (gregária ou solitária) e de diferenciação sexual das suas substâncias semio-químicas que promovem a agregação. Embora as ninfas de 5º instar não respondessem à feromona dos adultos, os adultos respondiam significativamente à feromona das ninfas. A produção da feromona de gregarização dos adultos parece não estar apenas associada aos machos, uma vez que ambos os sexos induzem agregação a partir de substâncias semio-químicas específicas.

A maior parte destes estudos foram desenvolvidos para a espécie *Schistocerca gregaria*, sendo que em relação à espécie *Locusta migratoria migratorioides* muito pouco foi feito, permanecendo até agora por descodificar os mecanismos de comunicação olfactiva para esta espécie.

5.1.6. Implementação de estratégias de gestão integrada de pragas

A estratégia escolhida e os meios de controlo de pragas de gafanhotos têm variado ao longo dos anos. De igual forma o conceito acerca da segurança destes métodos de controlo também tem mudado com o tempo.

Em geral, os meios de controlo sempre foram mais facilmente aceites pelos agricultores do que pelos pastores (Uvarov, 1951). As nuvens de gafanhotos são até bem-vindas por alguns:

- primeiro como fonte de alimento - muitas pessoas em Marrocos que vivem em zonas de eclosão destes gafanhotos referem que preferem os gafanhotos aos insecticidas, pois sempre é possível comer os primeiros, enquanto que os segundos causam uma mortalidade muito elevada em todos os animais existentes na área e provocam uma contaminação do solo (Said, comun. pessoal);
- segundo, como um sinal de boas colheitas uma vez que o surgimento das pragas está associado a períodos de chuva.

Os meios de controlo de gestão de pragas de gafanhotos que têm vindo a ser utilizados até aos nossos dias, apresentam diversos riscos para as espécies não alvo. Invariavelmente o primeiro método utilizado para o controlo de gafanhotos, durante a ocorrência de pragas, é a aplicação de insecticidas. De um ponto de vista estritamente económico, já foi demonstrado que a aplicação de pesticidas apenas pode ser recomendada em circunstâncias muito específicas, tais como, a protecção de plantações de cereais, com elevado valor económico (e.g. Krall, 1994).

A utilização de insecticidas bastante tóxicos, durante várias décadas, na luta contra as pragas de gafanhotos, com o agravamento de muitas vezes o tipo de insecticidas utilizado já ter sido banido nos países mais desenvolvidos, cria problemas adicionais nos países em vias de desenvolvimento (Paiva, 1997).

Deste modo, e de forma a minimizar-se esse impacte, deverá proceder-se a alterações na gestão de pragas e incluir-se um ponto muito importante - a preservação da biodiversidade, permitindo preservar e controlar naturalmente as populações de gafanhotos (Joern, 2000).

Devido à natureza caótica da ocorrência de pragas de gafanhotos, à utilização de forma nada sustentável de insecticidas bastante tóxicos e às características sociais das áreas afectadas, são necessárias estratégias flexíveis e diversificadas para se alcançar a sua monitorização e controlo. Estas incluem a monitorização e a estimação da abundância das populações e a implementação do controlo cultural e biológico (Onsager e Olfert, 2000).

Estas estratégias foram adoptadas com a designação da Gestão Integrada de Pragas (IPM), sendo o seu principal objectivo gerir abaixo dos níveis económicos as populações que provocam pragas, através de uma variedade de medidas, que implicam um esforço para se reduzir a aplicação de insecticidas sintéticos. Este conceito foi desenvolvido nos anos sessenta do século XX e apresenta métodos úteis para serem utilizados na gestão de pragas de gafanhotos (Onsager e Olfert, 2000).

No entanto, existem alguns problemas para a aplicação de estratégias de IPM a gafanhotos, nomeadamente lacunas a nível de informação base, principalmente no que diz respeito às interações ecológicas. Deve assim, ser dada prioridade ao desenvolvimento de estudos que permitam compreender a dinâmica populacional dos gafanhotos (Joern, 2000). Alguns autores referem que a implementação de gestão de pragas de gafanhotos, deve ser baseada num conhecimento profundo da espécie em causa e numa compreensão das causas que provocaram a praga. Estudos de ecologia, realizados no campo podem fornecer os elementos para as respostas das

questões mais importantes. Baseados nesses estudos de campo, surgiram algumas ferramentas novas, que se mostraram de grande importância, como é o caso da utilização de satélites, que providenciam uma vista geral e espacial do problema. A utilização de sistemas de informação geográfica também permite o estudo das relações que se estabelecem entre diversos factores ecológicos e o estabelecimento de mapas onde se representam os habitats dos gafanhotos e as zonas potenciais de risco de ocorrência de pragas. Estes estudos providenciam uma melhor compreensão da complexidade ecológica em que os gafanhotos se encontram envolvidos e permitem estudar em diferentes escalas, variando desde o habitat a toda a área de distribuição (Lecoq, 2000).

A aquisição de conhecimento científico é fundamental. Um dos grandes riscos associados a esta problemática é o facto de que apenas se responde e investe na problemática das pragas de gafanhotos em períodos críticos (Lecoq, 2000).

As autoridades administrativas e financeiras apenas mostram interesse por este problema quando surge uma emergência, isto é quando as nuvens de gafanhotos já são bem visíveis. O registo dos últimos aparecimentos de pragas de *Schistocerca gregaria* (Launois-Luang e Lecoq, 1988; Lecoq, 1991; Showeer e Poter, 1991) e de *Locusta migratoria* (Lecoq, 1998) mostraram que as medidas implementadas apenas em situações de emergência têm consequências muito complicadas de gerir, podendo mesmo surgir casos de catástrofes relacionadas com a organização logística e com os impactes ambientais resultantes das operações de controlo. A monitorização e a prevenção de acções de controlo devem ser mantidas em permanência e fora dos períodos de crise. Como complemento, também se devem manter fundos para utilização a longo termo, de forma a financiar a investigação, melhorar as estratégias preventivas e estimular a descoberta de novos métodos, menos tóxicos, de controlo. Apenas desta forma se pode controlar as pragas de gafanhotos sem colocar em risco o ambiente (Lecoq, 2000).

A ocorrência das espécies de gafanhotos é influenciada maioritariamente pelas características do habitat, a estrutura da paisagem e a proporção de habitats de orla, estas características são independentes do tamanho das áreas (Kinbenedek e Báldi, 2000). Para além disso, as populações locais de cada espécie podem ser significativamente diferentes em termos de características ecológicas, geográficas e provavelmente genéticas (Sergeev *et al.*, 2000).

Infelizmente, espécies de gafanhotos que se encontram relacionadas podem apresentar diferenças a nível de organização espacial das suas populações. Às vezes

essa organização é semelhante quando se considera uma escala mais ampla, no entanto pode tornar-se significativamente diferente a nível regional e local. Este facto implica que a criação de um sistema de gestão de pragas de gafanhotos bem implementado, deverá ter em conta o padrão da estrutura espacial das populações de cada espécie, simultaneamente em várias escalas, desde a geral até à local (Sergeev *et al.*, 2000). A nível geral a investigação deve ser direccionada para a determinação da ocorrência da espécie e das suas fronteiras, explorando-as em relação aos limites ecológicos e aos padrões gerais de dinâmica populacional. Estes dados poderão ser utilizados para estabelecimento das áreas principais onde deverão realizar-se os estudos regionais em condições semelhantes (normalmente regiões geográficas e zonas de ocorrência) (Sergeev *et al.*, 2000).

Os estudos regionais deverão incluir a investigação das estruturas espaciais das populações, estimando as barreiras, e áreas de migração, dinâmica populacional a longo termo e distribuições genéticas e fenótípicas. Estes dados poderão ser utilizados para a escolha dos locais onde se irá proceder às investigações a nível local. Neste nível, os estudos de dinâmica populacional permitem determinar as estruturas espaciais (áreas de ocorrência e áreas onde a espécie se extinguiu, distância entre as diferentes áreas, as ligações estabelecidas entre as populações, as barreiras e os corredores) e os sistemas de migração local associados com a matriz da paisagem. Deve monitorizar-se a dinâmica sazonal, e de longo termo, das populações locais e tentar avaliar o seu padrão temporal relativamente às mudanças climáticas e ambientais, sem esquecer as peculiaridades de cada população. A este nível será necessário investigar alguns aspectos genéticos e estimar o fluxo genético existente. Geralmente, as bases para implementação de estratégias de gestão de gafanhotos poderão ser criadas como resultado dos estudos regionais e locais (Sergeev *et al.*, 2000).

Podem considerar-se três tipos diferentes de estratégias de gestão de populações de gafanhotos – Figura 5.3. A primeira diz respeito às espécies raras. A segunda é típica de espécies que provocam pragas. Os resultados das variações espaciais e temporais, para diferentes, escalas tornam-se importantes na previsão da dimensão dos agregados, dos padrões espaciais e para optimização do uso de insecticidas. A terceira estratégia aplica-se a populações que variam muito de tamanho em diferentes áreas. Em alguns territórios essas espécies estão sujeitas a medidas de conservação enquanto que noutras a sua dinâmica e distribuição deve ser gerida de forma a evitarem-se estragos (Sergeev *et al.*, 2000).

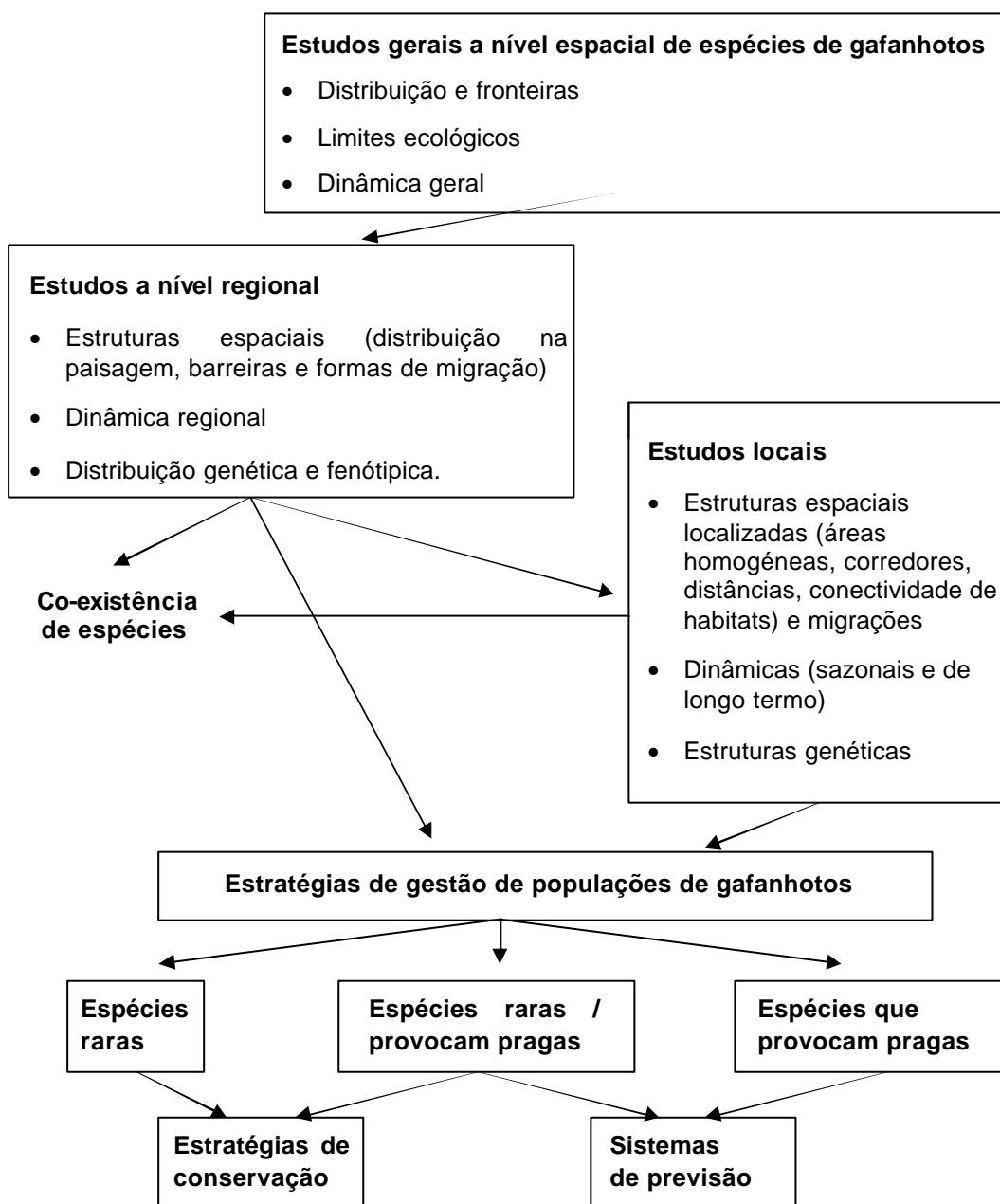


Figura 5.3. - Procedimento de estudos espaciais aplicados a populações de gafanhotos conducentes ao desenvolvimento de sistemas de gestão integrada de pragas (adaptado de Sergeev *et al.*, 2000).

Os dados recolhidos por Chernyakhovskiy (2000), mostraram que durante o surgimento de pragas de gafanhotos apesar da aplicação de métodos de controlo, existe uma oportunidade real de preservar as micropopulações locais de gafanhotos raros, se se levar em conta as características dessas micropopulações. Por exemplo se existir uma micropopulação dentro de uma área de surgimento de uma praga de gafanhotos, poderão usar-se as seguintes metodologias:

1. Se se conhecer a localização dessa micropopulação, não se deve aplicar insecticida nessa área. No entanto poderá ocorrer um problema, ou seja as populações das espécies que provocam pragas também poderão escolher essa área como refúgio.
2. Se se saber o timing de eclosão das espécies raras, os tratamentos devem ser realizados antes do pico de emergência.

O papel dos factores ecológicos, relacionados com o aparecimento de pragas de gafanhotos deve ser considerado quando se delineiam estratégias de gestão. As alterações ambientais, muitas vezes provocadas pela acção do Homem, podem ser responsáveis pelo surgimento de nuvens de gafanhotos (e.g. Farrow, 1987). De forma a diminuir o risco do surgimento destas nuvens, deve-se implementar o uso de determinadas práticas culturais, tais como a prevenção da destruição da floresta secundária, e dos arbustos a ela associados, evitar a prática de queimadas e o excesso de utilização dos solos para campos de cereais, tendo o cuidado de não deixar o solo exposto durante períodos de tempo elevados. Em geral refere-se que as densidades de insectos herbívoros especialistas, tais como *L. migratoria*, são maiores em áreas onde existem práticas de monoculturas, em oposição às que apresentam habitats agrícolas diversificados. Os benefícios que se obtêm da diversificação da vegetação, rotação de culturas devem ser implementados sempre que possível (Paiva, 1997).

Os fungos são frequentemente referidos como agentes patogénicos dos gafanhotos e entre várias espécies incluem-se *Entomophaga* spp., *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. Os testes realizados por Bateman (1997), que foram aplicados em pequena e grande escala em diversas espécies de gafanhotos, demonstraram que a sua eficácia no campo permite muitas vezes obter melhores resultados, do que o uso de insecticidas convencionais (Langewald *et al.*, 1999).

O 1º agente microbiano utilizado para o controlo de gafanhotos foi *Nosema locustae*. Antes de 1989 conheciam-se apenas 30 espécies de fungos que potencialmente poderiam ser utilizadas como agentes patogénicos de gafanhotos. Actualmente esse número é próximo a 300, tendo-se recolhido a maior parte destas espécies na África Ocidental, Oman, Madagáscar e Burkina Fasso. Das espécies mais virulentas isoladas até ao momento a espécie *Metarhizium anisopliae* variante *acridum* é a que apresenta maior potencial para ser utilizada em sistemas de gestão integrada de pragas de gafanhotos (IPM) (Lomer *et al.*, 1999; Lomer *et al.*, 2001).

Foi detectado que larvas de vários coleópteros pertencentes ao género *Mylabris* Fabr. e *Trichodes* Herbst, que juntamente com alguns dípteros bombilidídeos constituem os inimigos naturais mais efectivos de *Dociostaurus marocannus*, predavam um número considerável de ovos deste gafanhoto (Arias *et al.*, 1994).

Entre 1963 e 1969 foi realizado um extenso trabalho de campo no Mali sobre *L. m. migratorioides* (Farrow, 1975), enquanto que outro investigador estudou o comportamento de oviposição desta espécie na África do Sul (Price, 1991). No entanto existe ainda necessidade de realizar mais investigação de campo, antes de ser implementada uma campanha de monitorização e controlo desta praga.

Considera-se que a utilização de substâncias semio-químicas podem ter uma grande importância na monitorização e no controlo desta praga, apesar de todas as variáveis edafo-climáticas a considerar (Byers, 1991; Ferenz *et al.*, 1994). Através da utilização conjunta de feromonas com outros produtos, poderão obter-se sinergismos benéficos conducentes ao controlo de pragas de gafanhotos.

Uma estratégia possível para a gestão destas pragas consistiria, na aplicação de feromonas do tipo de agregação "arrestant" de fêmeas por forma a concentrar a oviposição em locais pré-seleccionados. Price (1991) notou a existência de uma agregação de ootecas de *L. migratoria* em áreas que não estavam a ser utilizadas para a agricultura, ou onde tinha ocorrido uma forte erosão do solo, embora não tenha sido observado nenhum comportamento do tipo "arrestment".

Uma concentração elevada de ootecas poderá ser conseguida preparando certos locais com esse objectivo, por exemplo mantendo solos limpos rodeados de campos agrícolas, para onde se poderá reforçar a atracção das fêmeas através da dispersão de feromonas.

As ootecas deverão ser posteriormente destruídas da forma menos tóxica possível, como por exemplo, utilizando organismos patogénicos (Shaalje *et al.*, 1992). Como alternativa, pode-se-à utilizar uma estratégia oposta, que consistiria na dispersão de locais de oviposição de forma a prevenir a formação de nuvens.

No entanto para que tais métodos se tornem praticáveis, terão primeiro que identificar-se os tipos de substâncias semio-químicas que poderão ser utilizadas e de estabelecer-se qual a amplitude de atracção dessas substâncias.

A mudança de fase dos gafanhotos que originam pragas, acontece sempre posteriormente à ocorrência de grandes flutuações da densidade das populações, porém os mecanismos que provocam esta transformação não estão ainda

descodificados. A actividade do *corpora allata* e a produção de hormona juvenil têm certamente um papel importante na ocorrência destas alterações, mas seguramente não constituem os percursores das alterações fisiológicas que, eventualmente, conduzem à mudança de fase (e.g. Pener, 1990). No gafanhoto do deserto a produção de uma feromona que acelera a maturação é aparentemente controlada pela hormona juvenil (Loher, 1961).

As substâncias semio-químicas detectadas nos machos de *L. m. migratorioides* poderão actuar como sincronizadoras no desenvolvimento destes animais, a sua aplicação conjuntamente com a aplicação da hormona juvenil poderá provocar um desenvolvimento sincronizado para a fase adulta (sincronismo na maturação) numa altura menos propícia em termos climatéricos (Paiva, 1997).

No entanto a implementação de métodos que utilizam feromonas deverá ser complementada com a utilização de outras técnicas, tais como práticas agrícolas correctas, no âmbito de um programa Integrado de Gestão de Pragas (Paiva, 1997).

5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1. Criação laboratorial

As culturas de *L. m. migratorioides* e de *L. m. cinerascens* foram mantidas sob condições controladas ($t^{\circ} = 25 \pm 2^{\circ} \text{ C}$; $\text{RH} = 40 \pm 10\%$; Fotoperíodo: 12/24 horas). Iniciou-se a cultura de *L. m. migratorioides* em 1992, com insectos fornecidos pelo Departamento de Zoologia - Entomologia da Universidade de Hannover, Alemanha. A cultura de *L. m. cinerascens* teve início em 1996, com insectos capturados nos Casais da Pucariça, próximo de Abrantes, e na Apostiça, próximo de Sesimbra. A cultura laboratorial iniciou-se em gaiolas preparadas de acordo com o descrito por Schmidt (1986), com um número de machos e fêmeas na proporção de 1:1.

Todos os insectos utilizados nas experiências foram obtidos por reprodução sexuada, e tinham passado para o estado adulto nas 48 horas transactas. Dentro de cada gaiola colocou-se um contentor com areia, utilizado pelas fêmeas para ovipositarem. Os contentores eram substituídos, com intervalos de 10 dias, durante o período de vida das fêmeas. Os ovos foram incubados a uma temperatura de 30° C e a emergência das ninfas verificada diariamente, por um período de 5 semanas. Os gafanhotos eram alimentados uma vez por dia, com uma dieta composta por trigo germinado, água e flocos de cereais – Figura A.90, em Anexo.

5.2.2. Bio-ecologia de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*

Os diferentes tipos de experiências realizadas encontram-se indicados na Tabela 5.2. As diferenças no número de gafanhotos usados nas experiências com *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens* deve-se às características bio-ecológicas inerentes às 2 sub-espécies: a 1ª reproduz-se mais eficazmente quando agregada, a 2ª só quando mantida em baixas densidades. Seleccionaram-se estes tipos de experiências de forma a verificar em que medida os parâmetros relativos à fertilidade as duas sub-espécies eram afectados, quando estas se encontravam em condições de densidades populacionais diferentes.

Para as diferentes experiências compararam-se os parâmetros relativos à fertilidade, para estas duas sub-espécies. Analisou-se também a capacidade de reprodução partenogenética.

Tabela 5.2 - Experiências realizadas nos Laboratórios GUECKO / DCEA, FCT Universidade Nova de Lisboa, Portugal, entre Agosto de 1996 e Outubro de 1999.

Sub-espécie: <i>Locusta migratoria migratorioides</i>			
Tipo de experiência	Estado fisiológico das ♀♀	Nr. de gafanhotos	Nr. de repetições
A	Copulada	10 ♀♀ + 5 ♂♂	10
B	Virgem	10 ♀♀	8
C	Virgem	10 ♀♀	8
D	Virgem	10 ♀♀	4

A: Fêmeas copuladas; B: Fêmeas virgens isoladas dos machos; C: Fêmeas virgens estimuladas visualmente por machos; D: fêmeas virgens estimuladas por machos, através de uma rede.

Sub-espécie: <i>Locusta migratoria migratorioides</i>				Sub-espécie: <i>Locusta migratoria cinerascens</i>			
Tipo de experiência	Estado fisiológico das ♀♀	Nr. de gafanhotos	Nr. de repetições	Tipo de experiência	Estado fisiológico das ♀♀	Nr. de gafanhotos	Nr. de repetições
W ₁	Copulada	2 ♀♀ + 2 ♂♂	2	V ₁ e V ₂	Virgem	2 ♀♀ ; 3 ♀♀	6, 2
X ₁	Copulada	4 ♀♀ + 4 ♂♂	2	W ₂	Copulada	2 ♀♀ + 2 ♂♂	6
Y ₁	Copulada	8 ♀♀ + 8 ♂♂	2	X ₂	Copulada	4 ♀♀ + 4 ♂♂	3
Z ₁	Copulada	16 ♀♀ + 10 ♂♂	2	Y ₂	Copulada	8 ♀♀ + 8 ♂♂	3
				Z ₂	Copulada	16 ♀♀ + 10 ♂♂	2

W₁, X₁, Y₁, Z₁, W₂, X₂, Y₂, Z₂: Fêmeas copuladas; V₁: Fêmeas virgens isoladas dos machos; V₂: 2ª geração de fêmeas virgens isoladas dos machos.

5.2.3. Extracções de substâncias semio-químicas

5.2.3.1. Ootecas

A extracção de substâncias semio-químicas foi conduzida com o objectivo de se identificarem as principais substâncias presentes nas ootecas das 2 sub-espécies em estudo, com eventual acção feromonal. Para tal, efectuaram-se extracções utilizando 2 cm da extremidade proximal de cada ooteca que não continha ovos.

Utilizou-se uma nova metodologia de extracção, em que se recorreu a uma substância (Isolute MPSC C 18), que permite amplificar os picos obtidos no cromatógrafo. Para isso homogenizam-se 0.5 g de ootecas com 2.0 g do Isolute. Comprimiu-se muito bem a amostra homogeneizada e iniciaram-se as extracções. Fizeram-se sequências de 3 extracções; a primeira com n-pentano; a segunda com n-pentano + éter, em partes iguais; e a terceira com acetonitrilo.

Fizeram-se também extracções da areia esterilizada, e da areia utilizada para oviposição de ootecas, utilizando n-pentano e a técnica anteriormente descrita.

Procedeu-se à concentração dos extractos utilizando uma corrente de azoto até que o seu volume ficasse reduzido a 1 ml, para posteriormente serem analisados num cromatografo gasoso acoplado a um espectrómetro de massa (GC-MS).

5.2.3.2. Adultos e Ninfas

Por forma a manter viável a cultura laboratorial, isto é evitando matar os gafanhotos para realização das extracções, aplicou-se uma nova técnica de extracção utilizando esferas de vidro com cerca de 2 mm de diâmetro. Estas esferas foram colocadas na base de gaiolas com um volume de: 20 cm x 15 cm x 20 cm, durante 48 horas, tendo-se colocado as duas sub-espécies de gafanhotos estudadas em diferentes densidades - Tabela 5.3. Posteriormente procedeu-se à extracção das esferas com éter e à concentração dos extractos com a mesma técnica já descrita anteriormente.

Tabela 5.3 - Tipo de experiências realizadas para extracção de substâncias semioquímicas. Laboratórios GUECKO/DCEA, FCT, UNL.

Sub-espécie	sexo	Nr. de repetições	Densidade por gaiola			
			10 gafanhotos adultos	5 gafanhotos adultos	2 gafanhotos adultos	10 ninfas último instar
<i>L. m. migratoroides</i>	♀ ♀	2	+	+	+	+
	♂ ♂	2	+	+	+	+
<i>L. m. cinerascens</i>	♀ ♀	2	+	+	+	+
	♂ ♂	2	+	+	+	+

5.2.4. Condições de funcionamento do cromatógrafo

Foi utilizado um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrómetro de massa, os aparelhos eram 5890, da Série II, GC Hewlett, as condições de funcionamento do cromatógrafo foram as seguintes:

Temperatura inicial: 80 ° C

Razão 1 #: 8.0 ° C / min

Temperatura #1: 125 ° C

Razão #2: 10.0 ° C / min

Temperatura #2: 295 ° C

Isotérmica: 20 min.

A coluna utilizada foi uma RTX₅, com um ano de idade (30 m, 0.32 ID, 0.25 µm de filme).

A técnica utilizada para se proceder à comparação dos diferentes cromatogramas, foi a seguinte: só foram considerados para a análise os picos que apresentavam uma

área relativa superior a 500. Com a utilização do programa Chrom-Card – 32 bit for Trace, de Thermo Finnigan, 2001 conseguiu-se visualizar até 5 cromatogramas em simultâneo. Desta forma identificaram-se os picos das substâncias contaminantes, que foram rejeitados da análise. Como resultado final, obteve-se um conjunto de picos específicos para cada extracto.

5.2.5. Células sensoriais existentes na antena

Estas experiências foram realizadas na Universidade de Freiburg, Alemanha, no Instituto de Zoologia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Michael Boppré e da sua equipa. As células sensoriais foram identificadas através de um microscópio electrónico. Foi escolhido o segmento nº 7 das antenas de ambos os sexos das duas sub-espécies. O microscópio electrónico utilizado foi um *digital scanning* da Zeiss (Alemanha), modelo DSM940A. Neste segmento procedeu-se à identificação e contagem das diferentes *sensilla* existentes de forma comparativa para ambas as sub-espécies.

5.2.6. Estudos Electrofisiológicos

Todas as experiências electrofisiológicas foram realizadas em Freiburg, Alemanha, no Instituto de Zoologia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Michael Boppré e da sua equipa.

Foram efectuadas experiências electroantenograficas com o objectivo de testar a acção de diferentes substâncias voláteis em animais de ambos os sexos das duas sub-espécies.

Verificou-se que os animais de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens* se apercebem de muitos odores, utilizando os receptores localizados nas antenas. O electroantenograma (EAG) regista a alteração de potencial que pode ser medido entre a base e a extremidade da antena como resultado de uma estimulação química, isto é, dá-se a transformação de um estímulo químico em estímulo eléctrico, que fica registado em mV. Obtém-se assim informação importante em relação à sensibilidade e especificidade dos receptores olfactivos (Arn *et al.*, 1975).

EAG – Permite realizar uma análise de todos os compostos envolvidos. O ar é directamente lançado em direcção à antena sem se utilizar cromatografia gasosa. Inicia-se o EAG injectando 5 ml de ar com a amostra em direcção à antena, sendo este procedimento repetido cerca de cinco vezes.

Os resultados obtidos nos EAG foram apresentados sobre a forma de curvas de dose-resposta. As substâncias utilizadas nestas experiências foram sintetizadas

artificialmente e foram seleccionadas de forma a representarem as potenciais substâncias semio-químicas sintetizadas pelas espécies de *Locusta migratoria* e *Schistocerca gregaria*, e representarem também as substâncias encontradas em folhas verdes. Este procedimento foi realizado para se obter indicações sobre a preferência destes animais (*L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*), pelas substâncias que podem ter alguma acção feromonal e pelas substâncias relacionadas com a procura de alimento. Na Tabela 5.4 estão indicadas todas as substâncias utilizadas nos EAGs e as diferentes concentrações seleccionadas.

Tabela 5.4 - Substâncias utilizadas nos EAG, em diferentes concentrações.

Substâncias	Concentrações (mg/ml)				
	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Acetofenona	+	+	+	+	+
Anisol			+	+	+
Benzaldeído	+	+	+	+	+
Extracto de folhas verdes (Green-leaf volatiles)			+	+	+
Guaiacol	+	+	+	+	+
Veratrol	+	+	+	+	+

5.2.7. Tratamento Estatístico

O tratamento estatístico dos dados foi efectuado recorrendo-se ao programa STATISTICA/P.C. 6 (StatSoft, Inc.). Com os dados obtidos não foi possível utilizar a ANOVA paramétrica, porque estes não possuíam uma distribuição normal, nem homogeneidade de variância. Recorreu-se assim à estatística não paramétrica. Para o tratamento dos dados referentes à bio-ecologia das duas sub-espécies, e comparação entre os diferentes extractos utilizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon (Sokal & Rohlf, 1995).

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Bioecologia de *L. m. migratorioides* e de *L. m. cinerascens*

Neste estudo efectuou-se uma comparação das características bio-ecológicas de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens* tendo-se quantificado os parâmetros referentes à fertilidade.

Na Tabela 5.5 apresentam-se os valores médios, para alguns parâmetros relativos à fecundidade e à sobrevivência das ninfas de *L. m. migratorioides*. Relativamente aos diferentes tipos de experiências efectuadas com fêmeas virgens, não se detectaram diferenças importantes nos parâmetros relativos à reprodução e à sobrevivência das ninfas. Comparando porém as fêmeas copuladas com as virgens, encontraram-se diferenças significativas relativamente a todos os parâmetros analisados. É particularmente notória a diferença em relação ao número de ninfas vivas produzidas por fêmea, que foi mais de 7 vezes superior para a reprodução sexuada, em comparação com a partenogenética.

Tabela 5.5 - Valores médios (A: n=10; B, C: n=8; D: n=4) para os parâmetros relativos à fecundidade e à sobrevivência das ninfas de *Locusta migratoria migratorioides* para ♀♀ mantidas em diferentes condições bio-ecológicas. As letras a, b, c, indicam diferenças significativas, teste não paramétrico de Wilcoxon (Sokal and Rohlf, 1995), para ($p < 0.05$).

TIPO DE EXPERIÊNCIA	Ootecas ♀	Número total de ovos /ooteca	ovos não desenvolvidos /ooteca	ninfas que não completaram o desenvolvimento /ooteca	ninfas vivas /ooteca
	$\bar{x} \pm s$				
A 10 ♀♀ + 5 ♂♂	2.7	30.3 ^a ±9.5	11.7 ^a ±11.9	2.4 ^a ±4.4	15.4 ^a ±14.1
B 10 ♀♀ (virgens separadas)	3.0	29.1 ^b ±9.1	23.1 ^b ±10.0	3.8 ^b ±4.6	2.2 ^b ±3.7
C 10 ♀♀ (virgens estimuladas visualmente por 10 ♂♂)	2.4	28.9 ^b ±8.3	23.3 ^b ±10.4	4.2 ^{b,c} ±6.1	1.4 ^c ±3.2
D 10 ♀♀ (virgens estimuladas por 10 ♂♂ através de uma rede)	0.7	23.0 ^c ±6.6	17.4 ^a ±6.1	3.5 ^c ±4.3	2.1 ^{b,c} ±3.4

Na Tabela 5.6 indicam-se os valores médios dos parâmetros relativos à fecundidade e sobrevivência das ninfas de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*. Neste ponto comparam-se estas duas sub-espécies criadas em condições de densidades

diferentes, com a finalidade de estabelecer qual delas se adapta melhor a condições de elevada densidade.

Tabela 5.6 - Valores médios para os parâmetros relativos à fecundidade e à sobrevivência das ninfas de *Locusta migratoria migratorioides* e *Locusta migratoria cinerascens*, para ♀♀ mantidas em diferentes condições bioecológicas (densidade). a, b, c, d: diferenças significativas ($p < 0.05$), teste não paramétrico de Wilcoxon (Sokal and Rohlf, 1995).

TIPO DE EXPERIÊNCIA	Nr. de repetições	Ootecas inviáveis /♀	Ootecas viáveis /♀	Número total de ovos /ooteca	Ovos não desenvolvidos /ooteca	Ninfas que não completaram o desenvolvimento /ooteca	Ninfas vivas /ooteca	
		$\bar{x} \pm s$						
Sub-espécie: <i>Locusta migratoria migratorioides</i>								
W ₁	2 ♀♀ + 2 ♂♂	2	0	0.5	39.0 ±7.1	7.0 ±5.7	0.0 ±0.0	32.0 ±12.7
X ₁	4 ♀♀ + 4 ♂♂	4	0.1	2.3	32.0 ^{c,d} ±5.9	7.7 ±10.9	2.9 ±6.3	21.6 ^c ±13.7
Y ₁	8 ♀♀ + 8 ♂♂	2	0.1	0.6	37.0 ^c ±6.1	12.3 ±12.8	7.9 ±10.6	16.3 ^d ±9.0
Z ₁	16 ♀♀ + 10 ♂♂	2	0.1	1.3	32.0 ^d ±5.2	6.7 ±7.1	2.9 ±5.5	22.2 ^{c,d} ±10.9
Sub-espécie: <i>Locusta migratoria cinerascens</i>								
W ₂	2 ♀♀ + 2 ♂♂	6	0.8	1.3	33.4 ±7.1	12.3 ^a ±6.8	2.5 ±2.5	18.7 ±7.4
X ₂	4 ♀♀ + 4 ♂♂	5	0.6	0.7	31.6 ±5.1	5.1 ^b ±3.2	3.8 ±6.8	22.9 ±9.5
Y ₂	8 ♀♀ + 8 ♂♂	3	0.1	1.1	27.6 ±8.4	9.0 ^{ab} ±7.7	3.5 ±4.8	15.3 ±11.9
Z ₂	16 ♀♀ + 10 ♂♂	2	0.1	0.8	31.0 ±7.8	8.6 ^{ab} ±6.3	7.3 ±9.6	15.1 ±14.0

Considerando apenas as fêmeas copuladas, alguns dos parâmetros quantificados, tais como o número de ootecas/fêmea, atingiram valores mais elevados em *L. m. migratorioides* do que em *L. m. cinerascens*. De salientar que, para as condições de maior densidade populacional – Figura A.91, em anexo, a sub-espécie *L. m. migratorioides* adapta-se melhor, uma vez que produz um número mais elevado de ootecas por fêmea. Nas condições de menor densidade esta sub-espécie apresenta dificuldades de adaptação, uma vez que apenas ovipositou duas ootecas. No entanto, não se registaram diferenças significativas entre as 2 sub-espécies, quer para o número total de ovos/ooteca quer para o número de ninfas vivas originado/fêmea. Quando se procede à comparação de todas as experiências efectuadas com *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*, observa-se apenas uma diferença significativa ($p < 0.05$) em relação ao número de ninfas vivas por ooteca, ou seja obtiveram-se mais ninfas vivas para a sub-espécie *L. m. migratorioides* (21.6 ninfas vivas/ooteca) do que para a sub-espécie *L. m. cinerascens* (17.3 ninfas vivas/ooteca).

Verificou-se que ambas as sub-espécies podem ser criadas em laboratório, nas condições anteriormente descritas, com sucesso e sem apresentarem diapausa: verificaram-se diferenças nos parâmetros relativos à reprodução.

Tabela 5.7 - Valores médios para os parâmetros relativos à fecundidade e sobrevivência das ninfas de *Locusta migratoria migratorioides* e *Locusta migratoria cinerascens* obtidas em gerações partenogenéticas consecutivas.

GERAÇÃO	Nr. de ♀ virgens	Nr. total de ninfas	Nr. total de ootecas	Nr. total de ovos /ooteca	Ovos não desenvolvidos / ooteca	Ninfas que não completaram o desenvolvimento /ooteca	Ninfas vivas / ooteca
Sub-espécie: <i>Locusta migratoria migratorioides</i>							
V ₀	20	315	92	26.4±7.5	18.9±7.6	4.1±5.9	3.4±5.0
V ₁	24	143	50	22.6±6.4	17.4±8.5	2.4±3.7	2.9±4.5
V ₂	22	120	37	28.1±7.7	19.2±9.4	5.6±6.8	3.2±4.5
V ₃	23	49	17	25.1±7.4	20.8±7.2	1.4±2.1	2.9±4.5
V ₄	12	41	8	22.3±7.0	15.3±8.4	1.9±2.2	5.1±5.5
V ₅	10	89	32	21.4±6.7	16.2±8.4	2.4±3.4	2.8±4.6
V ₆	14	64	22	21.9±7.6	17.6±9.4	2.3±3.2	1.9±4.3
V ₇	10	56	3	20.0±2.6	10.3±9.4	6.7±5.0	3.0±5.2
V ₈	9	59	11	27.5±5.4	19.5±8.9	2.6±4.2	5.4±6.2
V ₉	13	89	26	21.2±5.8	13.6±7.2	4.2±4.2	3.4±5.1
V ₁₀	7	42	9	17.8±7.2	8.4±9.2	4.7±4.2	4.7±3.9
V ₁₁	9	27	27	16.5±6.7	13.5±8.1	2.0±4.3	1.0±2.1
V ₁₂	4	23	9	25.4±3.1	20.4±3.5	2.4±4.0	2.6±2.3
V ₁₃	4	0	3	20.3±4.2	20.3±4.2	0.0±0.0	0.0±0.0
Sub-espécie: <i>Locusta migratoria cinerascens</i>							
V ₀	12	51	11	25.9±5.8	18.6±12.4	2.7±8.0	4.6±8.0
V ₁	5	0	0	0	0	0.0	0.0

Na Tabela 5.7, apresentam-se alguns elementos para a construção de uma tabela de vida, para gerações consecutivas de fêmeas virgens de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*. Estas fêmeas (*L. m. migratorioides*) produziram ootecas, das quais se obtiveram consecutivamente apenas fêmeas virgens até à décima terceira geração. As fêmeas virgens de *L. m. cinerascens*, reproduziram-se também partenogeneticamente, mas apenas se obteve uma geração. Das fêmeas adultas provenientes dessa geração realizaram-se mais duas experiências, embora não se tenha obtido descendência.

Em consonância com o verificado anteriormente para *L. m. migratorioides* (Tabela 5.5), também para *L. m. cinerascens* (Tabela 5.6) a fecundidade das fêmeas copuladas foi significativamente superior à das fêmeas virgens.

Relativamente tanto às fêmeas copuladas, como virgens, observou-se uma produção consistentemente mais elevada de ootecas, por fêmea, para a sub-espécie *L. m. migratorioides*, comparativamente a *L. m. cinerascens* - Tabelas 5.6 e 5.7.

Verificou-se que é possível a hibridação entre ambas as sub-espécies, com a produção de descendência. Este facto foi confirmado com os resultados obtidos nas experiências com 4 ♀♀ de *L. m. migratorioides* e 4 ♂♂ de *L. m. cinerascens* (2 repetições), e vice-versa (1 repetição). Os resultados obtidos podem resumir-se assim:

- As taxas reprodutivas das ♀♀ de *L. m. migratorioides* foram mais elevadas, quando comparadas com as das ♀♀ de *L. m. cinerascens*.
- Das ♀♀ de *L. m. migratorioides* copuladas com ♂♂ de *L. m. cinerascens*, resultaram 509 ninfas 1º instar, tendo-se obtido 27 ♀♀ e 24 ♂♂ adultos, embora se tenha verificado que a mortalidade das ninfas de 1º instar era muito elevada, havendo casos em que não sobreviveu nenhum insecto. Nestas experiências obteve-se uma taxa de sobrevivência de 10%.
- Das ♀♀ de *L. m. cinerascens* copuladas com ♂♂ de *L. m. migratorioides*, resultaram 101 ninfas 1º instar, tendo-se obtido 4 ♀♀ e 5 ♂♂ adultos, tendo-se também observado uma mortalidade muito elevada nas ninfas primeiro instar. Nesta experiência obteve-se uma taxa de sobrevivência de 9%.

Com os animais híbridos obtidos realizaram-se experiências, para investigar se eles seriam, ou não, férteis - Figura 5.4.

Verificou-se que os animais híbridos, resultantes do cruzamento de fêmeas de *L. m. migratorioides* com machos de *L. m. cinerascens* apresentavam diferenças morfológicas dos animais provenientes do cruzamento de fêmeas de *L. m. cinerascens* com machos de *L. m. migratorioides*. Assim, nestes últimos animais o *pronoto* tinha um declive mais acentuado, enquanto nos animais resultantes de fêmeas de *L. m. migratorioides* o *pronoto* apresentava-se sem inclinação (visto de perfil).

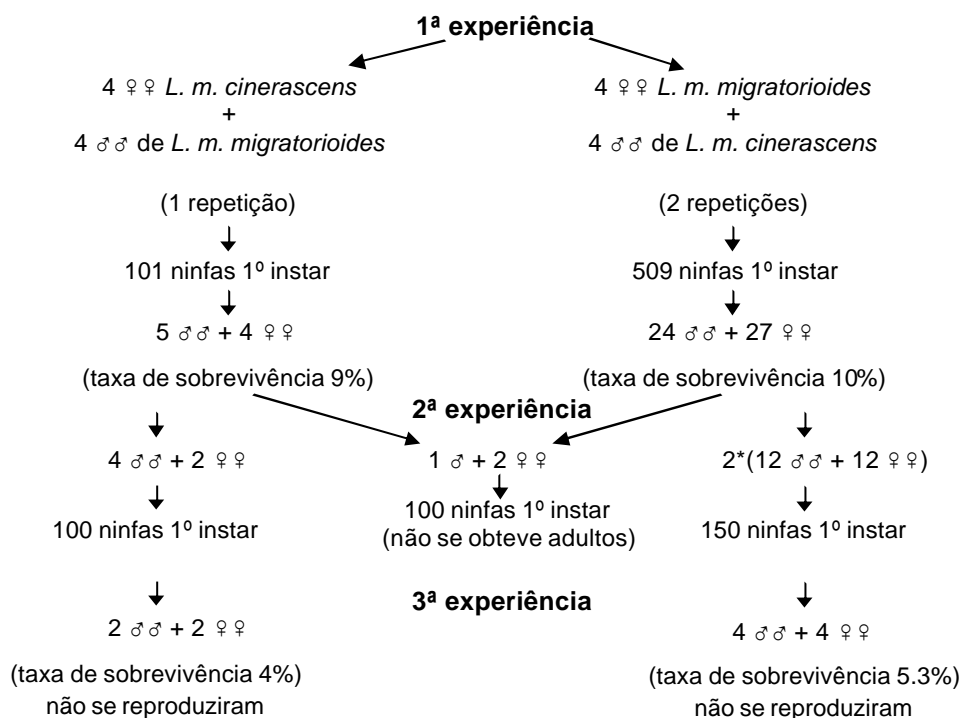


Figura 5.4 - Experiências realizadas com insectos híbridos, resultantes da reprodução cruzada entre *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*.

Nas experiências descritas na Figura 5.4, verificou-se que estes animais se reproduziam. As ninfas resultantes destas experiências (2ª geração de híbridos) apresentavam uma mortalidade muito elevada. No entanto ainda se conseguiu obter adultos nessa 2ª geração de híbridos, mas que não produziram descendência.

5.3.2. Extracções de substâncias semio-químicas

A análise das substâncias semio-químicas foi realizada com o objectivo de se determinar a possível existência de diferenças entre as duas sub-espécies estudadas, a nível dos odores produzidos. Compararam-se os cromatogramas obtidos para os extractos das fêmeas (10, 5 e 2 fêmeas por gaiola) e das ootecas, das duas sub-espécies – Figuras A.92 a A.95, em anexo. Também se efectuou a comparação dos cromatogramas obtidos para os extractos dos machos das duas sub-espécies, criados nas mesmas condições de densidade que as fêmeas – Figuras A.97 a A.99, em anexo. Estas comparações foram efectuadas em três etapas: 1º - Após retirados os picos mais pequenos, que apresentavam uma área relativa inferior a 500, e os picos das substâncias contaminantes, comparou-se a totalidade dos picos obtidos nos cromatogramas; 2º - Seleccionaram-se os 10 picos com as áreas percentuais maiores, para cada cromatograma, tendo-se representado estes dados graficamente, e efectuado a sua numeração para que posteriormente se analisassem possíveis

padrões; 3 - Procedeu-se à identificação de alguns dos picos através dos espectros de massa obtidos no GC-MS.

A comparação da totalidade dos picos obtidos por cromatograma, foi feita utilizando o teste de Wilcoxon Matched Pairs, para determinar quais os extractos diferentes, para um nível de significância de $p \leq 0.05$. Os picos podem ser comparados de duas formas: pelos tempos de retenção; ou pelas áreas percentuais. Neste caso procedeu-se à comparação utilizando as áreas percentuais, devido ao possível desfasamento temporal, que poderá existir entre os diferentes cromatogramas, tornando não fiável a utilização dos tempos de retenção.

A comparação dos cromatogramas foi realizada tendo em conta as diferenças que existiam entre os gafanhotos das duas sub-espécies, a nível sexual, ou seja compararam-se os machos por um lado, e as fêmeas por outro. Outro factor de comparação seleccionado foi a densidade dos insectos, procedendo-se assim à avaliação dentro da mesma sub-espécie, do modo como as diferentes densidades poderiam afectar a composição dos cromatogramas. Por fim compararam-se as diferenças que existiam entre as duas sub-espécies, para a mesma densidade.

Os cromatogramas obtidos para 2 ♂♂ de *L. m. cinerascens* foram significativamente diferentes dos cromatogramas obtidos para 5 e 10 ♂♂ de *L. m. cinerascens* – Tabela 5.8. O mesmo resultado foi obtido quando se compararam os cromatogramas de 2 ♂♂ de *L. m. migratorioides*, com os cromatogramas obtidos para 5 e 10 ♂♂ de *L. m. migratorioides*. Estes resultados parecem indicar que o factor densidade influenciou a composição dos extractos obtidos, isto é os animais criados em condições de menores densidades, produziam extractos que apresentavam cromatogramas com menos picos.

Quando se compararam os machos criados nas mesmas condições, ou seja em densidades iguais, para as duas sub-espécies, só se obtiveram diferenças significativas para os cromatogramas referentes à densidade de 5 ♂♂ das duas sub-espécies – Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Análise das áreas percentuais dos picos obtidos nos diferentes cromatogramas para as duas sub-espécies, criadas em condições de densidade diferentes (10, 5 e 2 ♂♂, por gaiola). Teste Wilcoxon, os valores aceites como significativos indicam-se com *, $\rho < 0.05$.

Áreas percentuais								
<i>L. m. migratoria</i> 10 ♂♂ 5 ♂♂ 2 ♂♂				<i>L. m. cinerascens</i> 10 ♂♂ 5 ♂♂ 2 ♂♂				<i>L. m. migratoria vs L. m. cinerascens</i>
10 ♂♂	-	0.498	0.007*	10 ♂♂	-	0.969	0.041*	10 ♂♂ <i>L. m. m.</i> - 10 ♂♂ <i>L. m. c.</i> 0.411
5 ♂♂	0.498	-	0.021*	5 ♂♂	0.969	-	0.010*	5 ♂♂ <i>L. m. m.</i> - 5 ♂♂ <i>L. m. c.</i> 0.044*
2 ♂♂	0.007*	0.021*	-	2 ♂♂	0.041*	0.010*	-	2 ♂♂ <i>L. m. m.</i> - 2 ♂♂ <i>L. m. c.</i> 0.060

O padrão que foi registado para os machos, não se verificou para as fêmeas da sub-espécie *L. m. migratorioides*. Assim obtiveram-se diferenças significativas entre os cromatogramas obtidos para 5 ♀♀ por gaiola em relação a todos os outros, ou seja, em relação às densidades de 2 e 10 ♀♀ por gaiola e aos cromatogramas das ootecas – Tabela 5.9. Nestas experiências não se detectou uma influência da densidade, uma vez que não se encontraram diferenças significativas entre os cromatogramas obtidos para 2 e 10 ♀♀ de *L. m. migratorioides*.

O mesmo tipo de comparação efectuada para as fêmeas de *L. m. cinerascens*, registou diferenças significativas nos cromatogramas obtidos para 2 ♀♀, em comparação com todos os outros. Os cromatogramas das ootecas também foram significativamente diferentes de todos os restantes à excepção dos obtidos para 10 ♀♀. A partir destes resultados poderemos concluir que as ♀♀ de *L. m. cinerascens* reagiram de modo mais claro à sua densidade populacional do que as ♀♀ de *L. m. migratorioides*.

Quando se comparou os cromatogramas obtidos para as mesmas densidades, entre as duas sub-espécies apenas se verificou existirem diferenças significativas para a densidade de 10 ♀♀, ou seja as áreas percentuais nos extractos foram diferentes para as duas sub-espécies.

Tabela 5.9 - Análise das áreas percentuais dos picos obtidos nos diferentes cromatogramas das duas sub-espécies, criadas em condições de densidade diferentes (10, 5 e 2 ♀♀, por gaiola) e nos cromatogramas das ootecas. Teste Wilcoxon, os valores aceites como significativos indicam-se com *, $\rho < 0.05$.

Áreas percentuais								
<i>L. m. migratoria</i> 10 ♀♀ 5 ♀♀ 2 ♀♀				<i>L. m. cinerascens</i> 10 ♀♀ 5 ♀♀ 2 ♀♀				<i>L. m. migratoria versus L. m. cinerascens</i>
10 ♀♀	-	0.000*	0.069	10 ♀♀	-	0.935	0.002*	10 ♀♀ <i>L. m. m.</i> - 10 ♀♀ <i>L. m. c.</i> 0.000*
5 ♀♀	0.000*	-	0.004*	5 ♀♀	0.935	-	0.023*	5 ♀♀ <i>L. m. m.</i> - 5 ♀♀ <i>L. m. c.</i> 0.202
2 ♀♀	0.069	0.004*	-	2 ♀♀	0.002*	0.023*	-	2 ♀♀ <i>L. m. m.</i> - 2 ♀♀ <i>L. m. c.</i> 0.357
ootecas	0.166	0.011*	0.694	ootecas	0.1178	0.000*	0.003*	ootecas <i>L. m. m.</i> - ootecas <i>L. m. c.</i> 0.949

Na Figura 5.5, observaram-se os 10 picos com as maiores áreas percentuais, provenientes de cromatogramas de machos das duas sub-espécies. Verificou-se a existência de picos comuns, que apresentavam o mesmo tipo de comportamento para as duas sub-espécies (picos E, F2 e D2). Registrou-se ainda a existência de picos que, embora sendo comuns apresentam um comportamento específico para cada sub-espécie (Picos B2 e C2). Para *L. m. migratoroides* o pico B2 apresentou uma área percentual maior que o pico C2, e registou-se uma inversão desta tendência quando se observaram estes dois picos em *L. m. cinerascens*. Por fim podemos considerar uma terceira categoria de picos que parecem ser específicos dos machos. Destes, os picos F, O, T, C e G2 ocorrem com uma área maior em *L. m. cinerascens* e os picos J, Y, G, J1 e K1 em *L. m. migratoroides* (porém todos eles ocorrem a nível vestigial em ambas as sub-espécies).

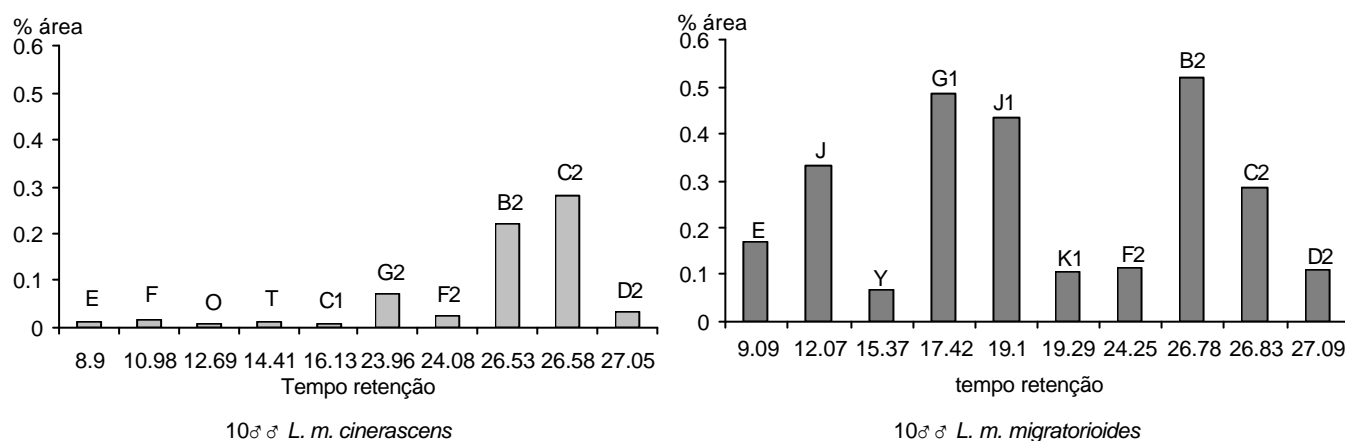


Figura 5.5 – Os 10 picos com as maiores áreas percentuais provenientes dos cromatogramas dos extractos de 10 ♂♂ das duas sub-espécies.

Nos gráficos relativos às ♀♀, na densidade de 5/gaiola – Figura 5.6, verifica-se a ocorrência em ambas as sub-espécies, de dois picos B2 e C2, que aparecem no entanto com áreas relativas inversas. O pico Q apresenta-se como sendo específico de *L. m. migratoroides*.

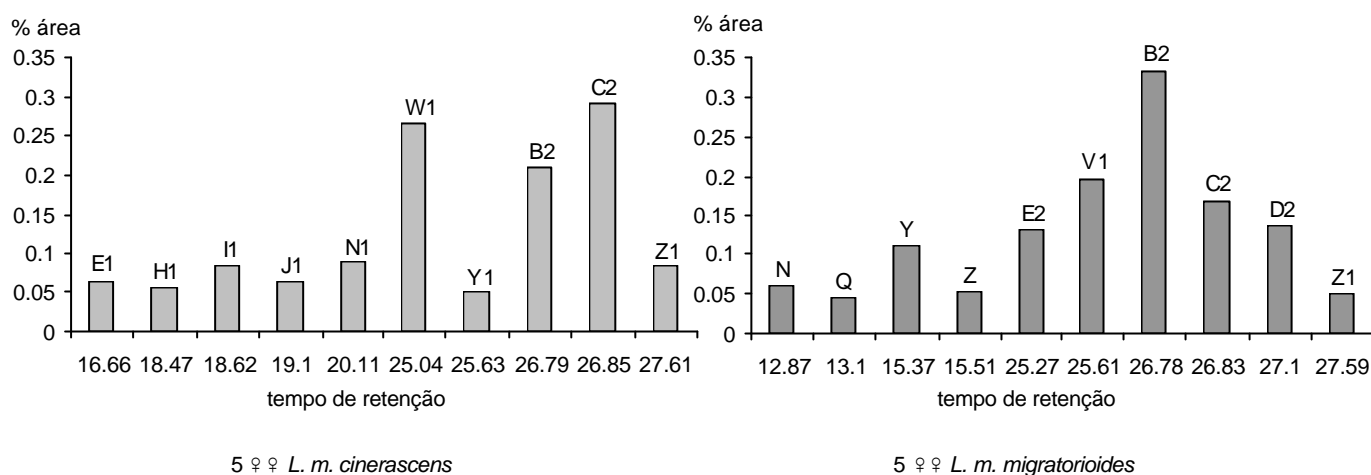


Figura 5.6 - Os 10 picos com as maiores áreas percentuais provenientes dos cromatogramas dos extractos de 5 ♀♀ das duas sub-espécies.

Os gráficos obtidos a partir dos cromatogramas dos extractos das ootecas para as duas sub-espécies, mostraram que os picos encontrados e que apresentavam as maiores áreas percentuais eram completamente diferentes daqueles encontrados nos cromatogramas das fêmeas. Verificou-se a existência de picos comuns, entre as ootecas das duas sub-espécies (Picos J, K, T, H1, Q1 e R1), no entanto as áreas percentuais apresentadas eram diferentes – Figura 5.7. Encontrou-se um pico exclusivo no extracto das ootecas de *L. m. migratorioides* – Pico R.

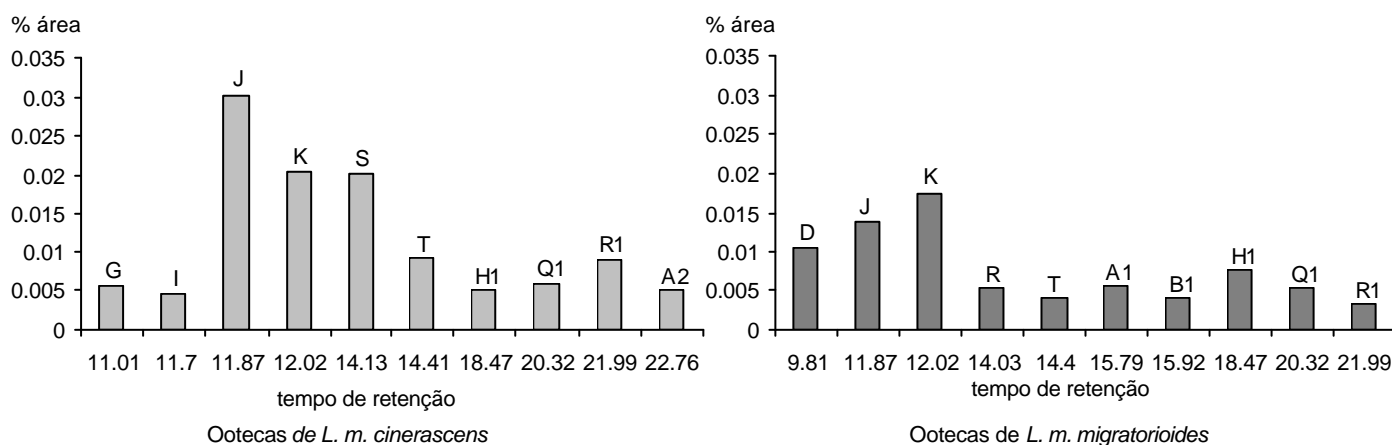


Figura 5.7 - Os 10 picos com as maiores áreas percentuais provenientes dos cromatogramas dos extractos de ootecas das duas sub-espécies.

A partir dos resultados obtidos com o GC-MS, fez-se uma tentativa de identificação de alguns dos picos – Tabela 5.10. O procedimento utilizado para a identificação dos

picos consistiu na comparação dos espectros de massa obtidos com esta técnica, com os espectros de massa de substâncias semio-químicas referidas na bibliografia e com possível acção feromonal (Mahamat *et al.*, 1993; Brunnemann, 1996; Torto *et al.*, 1994, 1999). Procedeu-se à identificação dos picos nº 4, 5, 8, 11, 14, 16, 17, 21 e 22 – Figuras A.100 a A.109, em anexo. De salientar que estas substâncias se encontravam presentes em concentrações muito baixas, o que indica que os espectros de massa obtidos não eram os das substâncias puras mas apresentavam-se com algumas mistura, pelo que esta identificação não pode ser conclusiva, mas fornece apenas algumas pistas.

Uma possível identificação dos picos encontrados exclusivamente nos extractos das ootecas de *L. m. cinerascens* será: (Z)-6-octen-2-one – Pico 4, Figura A.101, em anexo; acetofenona – Pico 11, Figura A.104, em anexo; benzaldeído – Pico 14, Figura A.105, em anexo; fenilacetoneitrilo – Pico 16, Figura A.106, em anexo. Nos extractos das ootecas de *L. m. migratorioides* encontrou-se exclusivamente o anisol – Pico 5, Figura A.102, em anexo; e a substância 4-venilveratrol – Pico 17, Figura A.107, em anexo.

Procedeu-se à identificação de outras substâncias, que não foram encontradas apenas num tipo de extracto. A substância benzoilnitrilo – Pico 8, Figura A.103, em anexo, foi encontrada nos extractos das fêmeas adultas e das ninfas (♀ ♀ e ♂ ♂) de último instar das duas sub-espécies; A substância (E,E)-3,5-octadien-2-one – Pico 21, Figura A.108, em anexo, foi encontrada nos extractos das ootecas, fêmeas e machos de *L. m. migratorioides* e nos extractos de fêmeas e machos de *L. m. cinerascens*. E por último a substância 2-methoxy-4-vinilfenol – Pico 22, Figura A.109, em anexo, foi encontrada nos extractos das ootecas, fêmeas e machos de *L. m. migratorioides* e nos extractos de fêmeas e machos de *L. m. cinerascens*.

Tabela 5.10 – Substâncias presentes em baixas concentrações, encontradas nos diferentes extractos analisados, dos gafanhotos das sub-espécies *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens* obtidos com o GC-MS.

Identificação (nr. Picos)	Tempo Minutos	Extractos																			
		ootecas		10 gafanhotos				5 gafanhotos				2 gafanhotos				10 ninfas último instar					
		<i>L. m. m.</i>	<i>L. m. c.</i>	<i>L. m. m.</i>		<i>L. m. c.</i>		<i>L. m. m.</i>		<i>L. m. c.</i>		<i>L. m. m.</i>		<i>L. m. c.</i>		<i>L. m. m.</i>		<i>L. m. c.</i>			
		♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂		
1	6.021	1																			
2	6.567	2																1	1	1	1
3	7.062		3																		
4	7.209		4																		
5	8.042	5																			
6	8.059		6																		
7	7.522			7																	
8	8.892			8									8				8	8	8	8	
9	8.745		9																		
10	9.604		10																		
11	11.087		11																		
12	11.408		12																		
13	11.668		13																		
14	12.128		14																		
15	8.302	15	15																		
16	12.501		16																		
17	16.466	17																			
18	16.605		18																		
19	18.053		19																		
20	20.743							20													
21	18.331	21		21	21	21	21	21	21	21	21			21	21						
22	18.435	22		22	22	22	22	22	22	22	22										
23 - Ionol	18.999	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
24	22.833			24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24						
25	22.149	25																			
26	22.356			26	26	26		26	26	26		26	26	26							
27	20.986	27	27																		
28	23.901							28													
29	24.422							29													
30	22.270	30																			
31	23.424	31							31												
32	24.170	32																			
33	24.361	33																			
34	26.460																34		34		
35	29.140																35	35	35		
36	30.294																		36		
37	31.526					37															
38	32.402																		38		
39	33.087				39	39															
40	33.191					40															
41	34.250																		41		
42	34.808				42																

5.3.3. Células sensoriais existentes nas antenas

Verificou-se a presença de 4 tipos de sensilas nas antenas de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens* - Figura 5.8 e Tabela 5.11.

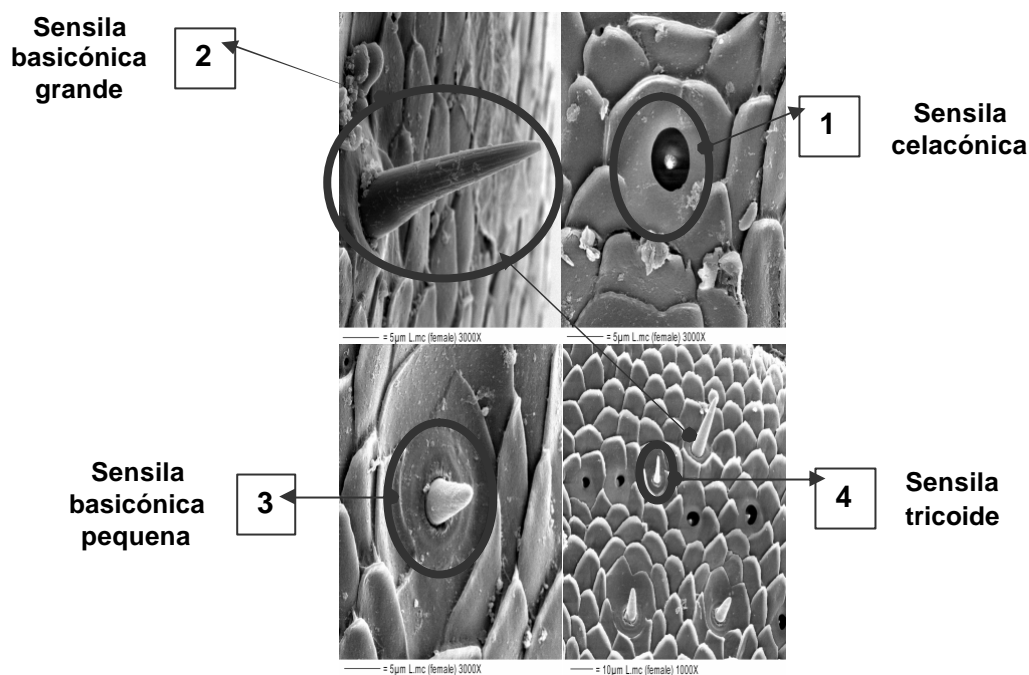


Figura 5.8 - Diferentes tipos de sensilas com funções olfactivas encontradas no 7º segmento das antenas das sub-espécies *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*.

Tabela 5.11 - Análise do 7º segmento da antena de *L. m. cinerascens* e *L. m. migratorioides* (ambos os sexos) discriminando os diferentes tipos de sensilas encontradas.

sexo	sub-espécie	Nº de sensilas			
		1 Sensilas Celacónicas	2 Sensilas Basicónicas grandes	3 Sensilas Basicónicas pequenas	4 Sensilas Tricóides
♀	<i>L. m. cinerascens</i>	154	23	114	7
	<i>L. m. migratorioides</i>	149	24	137	15
♂	<i>L. m. cinerascens</i>	180	19	143	5
	<i>L. m. migratorioides</i>	120	22	103	11

Os insectos da sub-espécie *L. m. migratorioides* que se encontravam na fase gregária, apresentavam um número mais elevado de sensilas tricóides que os insectos da sub-espécie *L. m. cinerascens* (fase solitária) - Tabela 5.11. Pelo contrário a sub-espécie *L. m. cinerascens* apresentava um número mais elevado de sensilas celacónicas que *L. m. migratorioides*. No entanto deve referir-se que estes dados não são conclusivos devido ao tamanho da amostra, visto apenas se ter observado uma antena para cada caso.

5.3.4. Estudos Electrofisiológicos (curvas de dose resposta)

Na Figura 5.9 comparam-se as reacções dos machos e das fêmeas de *L. m. migratorioides* e de *L. m. cinerascens* a diferentes substâncias semio-químicas. Verificou-se que os machos tiveram respostas de maior amplitude que as fêmeas da mesma sub-espécie. Comparando as duas sub-espécies, os adultos de *L. m. migratorioides* reagiram mais do que os de *L. m. cinerascens*.

Embora com amplitudes de respostas diferentes para as duas sub-espécies e para ambos os sexos, as respostas foram as mesmas, em todos os indivíduos analisados, para as mesmas substâncias. A substância semio-química para a qual se obteve uma maior resposta foi a acetofenona, seguida do guaiacol. As substâncias com as quais se obtiveram menores respostas foram o anisol e o extracto de folhas verdes (green-leaf volatiles), este extracto foi utilizado por se considerar que poderá conter substâncias do tipo dos atraentes alimentares.

As respostas observadas para as diferentes substâncias apresentavam dois padrões de curvas de resposta. O primeiro tipo cresce até atingir um patamar, onde o valor se mantém ou pode mesmo decrescer, atingindo-se neste caso uma saturação das sensilas. As substâncias que apresentaram curvas deste tipo foram acetofenona, guaiacol e veratrol. O segundo tipo de curva, em que só está representada a fase crescente, não se chegando a atingir o patamar, ou seja não ocorrendo uma saturação das sensilas, verificou-se para as substâncias benzaldeído, anisol e extracto de folhas verdes.

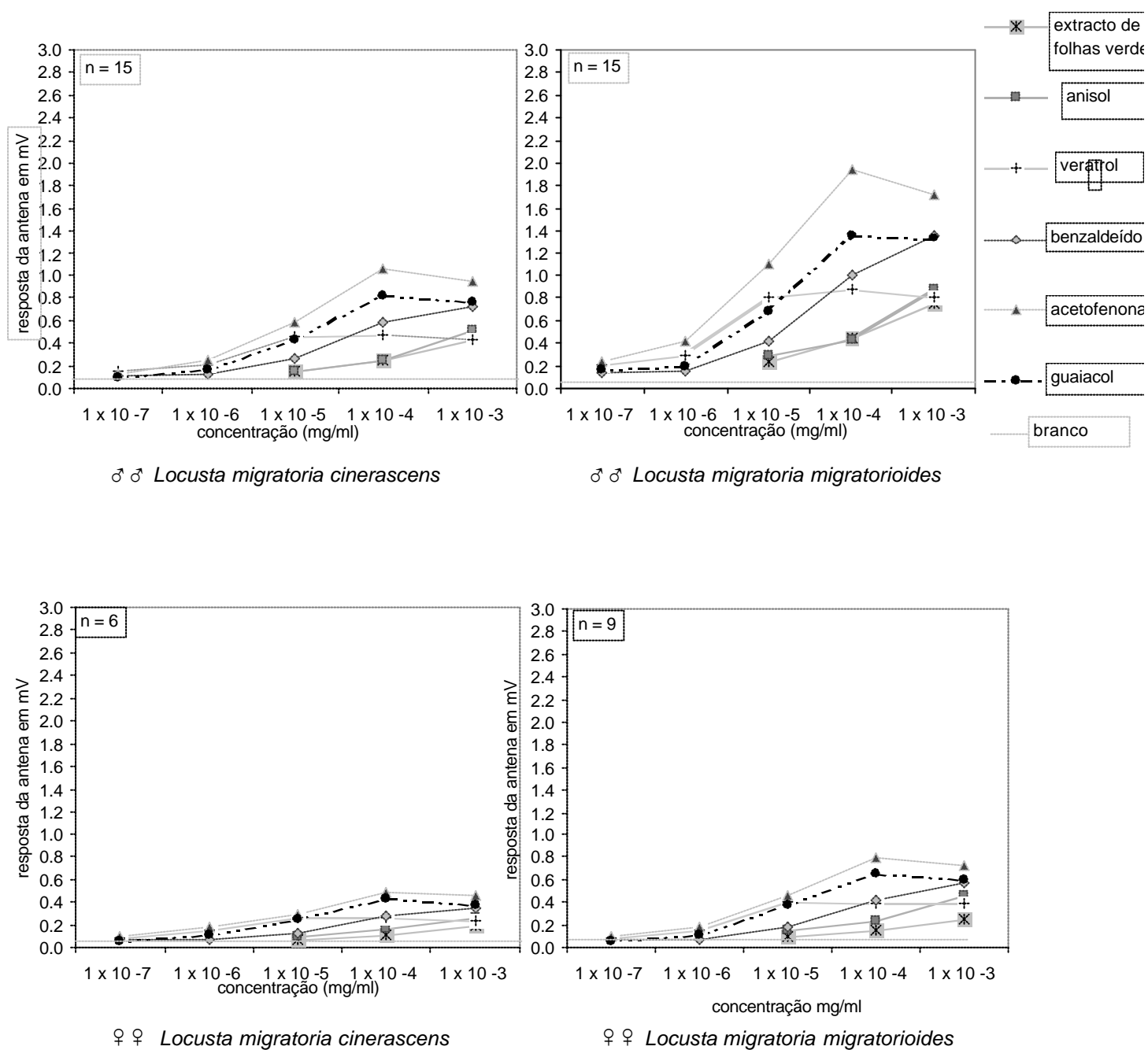


Figura 5.9 - Curvas de dose resposta para as substâncias puras (quando aplicadas individualmente) com possível acção feromonal, que originaram EAG positivos, para ambos os sexos das duas sub-espécies estudadas.

5.4. DISCUSSÃO

As pragas de gafanhotos, aparecem geralmente associadas a imagens de acontecimentos catastróficos e aterradores, com consequências muito nefastas que provocam a ocorrência de surtos de fome nas populações residentes nessas áreas. No entanto, as espécies que provocam pragas não são continuamente prejudiciais ao Homem, uma vez que existem em duas fases, a gregária e a solitária. Só quando essas espécies se encontram na fase gregária é que se tornam motivo de preocupação. Recentemente encontrou-se até um factor positivo na ocorrência de pragas (Belovsky, 2000). Este investigador verificou que os gafanhotos que provocam pragas eram responsáveis por uma diminuição da produção vegetal, nos ecossistemas herbáceos, quando o período de estudo era de um ano. No entanto, quando o período considerado era alargado para 6 anos, verificou que estes animais estimulavam a produção vegetal, e os benefícios superavam as perdas. Esta estimulação ocorria pelo facto de os gafanhotos conseguirem acelerar o ciclo dos nutrientes nos ecossistemas herbáceos, de uma forma mais eficaz que os mamíferos herbívoros. Nesta investigação é sugerida uma densidade óptima de gafanhotos que maximizaria a produtividade dos ecossistemas. Verificou-se que 21.5 adultos/m² aumentavam a produtividade do ecossistema em 20.9% ou 19.6%, após a ingestão da vegetação.

A passagem da fase gregária para a solitária e vice-versa, é um fenómeno bastante complexo e que influencia muitos aspectos da biologia dos gafanhotos (Pener, 1991). Em trabalhos mais recentes, onde se estudaram os factores que desencadeavam essa mudança de fase, confirmou-se mais uma vez tratar-se de um assunto muito complexo. Os estímulos, tais como o contacto visual e táctil prolongados, os odores naturais produzidos pelos gafanhotos, as substâncias químicas produzidos pelas fêmeas, e encontradas na espuma das ootecas (McCaffery *et al.*, 1998) e as pistas químico-tácteis derivadas na cutícula (Heifetz *et al.*, 1996) tornavam-se efectivos com vários graus de intensidade e diferentes intervalos de tempo, e propiciavam a uma mudança de fase. Em adição os efeitos indirectos da agregação provocados por substâncias semio-químicas (Saini *et al.*, 1995; Rai *et al.*, 1997) e os factores ambientais (Bouaïchi *et al.*, 1996) têm um papel importante e podem influenciar no final do processo de gregarização. Mas mais uma vez, verifica-se que para a descodificação deste processo é necessária uma abordagem multidisciplinar.

Heifetz *et al.* (1996) utilizaram um composto activo, produzido pelos gafanhotos e sugerem que este não influencia directamente a mudança de fase (no entanto apresenta um efeito de agregação). Estes autores também referem que os estímulos

químico-tácteis poderão ter um papel mais importante que os olfactivos na mediação do processo que conduz à fase gregária. Assim, como frequentemente se observam factores de sinergismo entre os diferentes compostos, torna-se importante avaliar o efeito de todos os compostos que constituem a feromona de agregação. Estes resultados indicam que o estímulo táctil provoca uma alteração mais pronunciada no comportamento dos gafanhotos associado à mudança de fase. Os estímulos visual e olfactivo, originados a partir de outros gafanhotos, quando apresentados individualmente, desencadeavam uma actividade fraca. No entanto quando os gafanhotos (ninfas e adultos) eram estimulados com estes dois factores em simultâneo, observava-se uma forte reacção comportamental associada à passagem para a fase gregária.

Existem no entanto provas de que a agregação (ou pelo menos a coesão do grupo) é promovida por voláteis produzidos pelos gafanhotos e que também se podem encontrar nas suas fezes (Noris, 1963, 1970; Fuzeau-Braech *et al.*, 1988; Obeng-Ofori *et al.*, 1994a, 1994b; Torto *et al.*, 1994, 1996; Heifetz *et al.*, 1996). Estas substâncias semio-químicas poderão influenciar, embora de uma forma indirecta, a passagem para a fase gregária, quando os gafanhotos se encontram suficientemente próximos.

O efeito directo do estímulo olfactivo na mudança de fase ainda não foi descodificado. Estudos de electroantenografia mostraram que todos os compostos activos da feromona de agregação eram detectados pelas células sensoriais, localizadas nas antenas dos gafanhotos de *Schistocerca gregaria* (Torto *et al.*, 1994; Anton e Hansson, 1996; Ochieng *et al.*, 1998), porém a ocorrência de um efeito directo sobre a mudança de fase não foi comprovada.

Heifetz *et al.* (1996) investigaram alguns dos componentes da feromona de agregação dos machos de *Schistocerca gregaria* e concluíram que estes não se encontravam envolvidos, de forma directa, na mudança de fase. Roessingh *et al.* (1998) encontraram resultados semelhantes para quatro componentes activos da feromona de agregação dos adultos de *Schistocerca gregaria* (Torto *et al.*, 1994). Os mesmos autores realizaram experiências com compostos sintéticos da feromona de agregação dos machos adultos de *Schistocerca gregaria* e verificaram que nem nas ninfas, nem nos adultos se produziu qualquer efeito directo. No entanto quando utilizarem odores naturais produzidos pelos gafanhotos, combinados com estímulos visuais, verificaram a existência de um efeito de gregarização nas ninfas. Note-se que, em condições naturais, todos estes estímulos ocorrem em conjunto. É provável que nem todos os

compostos da feromona tenham sido identificados, ou então que não se encontrem nas proporções correctas (Roessingh *et al.*, 1998).

No ambiente natural, o conjunto de variáveis tais como a distribuição espacial e a abundância de recursos alimentares, as áreas com microclimas favoráveis, os locais de oviposição, de descanso, os ventos convergentes, e as características topográficas dos habitats, determinam o grau de interacção entre populações de gafanhotos (Bouaïchi *et al.*, 1996).

Um dos factores mais importantes que afectam a distribuição dos gafanhotos é o tipo de distribuição da vegetação. Considera-se que uma vegetação esparsa promove a agregação de gafanhotos, através da concentração destes, enquanto que uma vegetação densa inibe a sua agregação. Outros factores, tais como a necessidade de alimento, requerimentos termorreguladores e de locais de descanso, modificam também a distribuição dos gafanhotos, mas em pequena escala. Por exemplo, os banhos de sol são comportamentos diários muito importantes, especialmente ao amanhecer e entardecer. Para a passagem da noite é essencial a existência de locais de pousio. Outros factores ambientais podem também provocar a concentração de gafanhotos. Por exemplo, ventos convergentes providenciam a reunião de um grupo elevado de gafanhotos, do que resulta uma reprodução com sucesso, sendo conhecido que gafanhotos adultos maduros de *Schistocerca gregaria*, na fase solitária, se reúnem durante a altura da postura em áreas restritas, com solos adequados, para a realização de uma oviposição que tem geralmente elevado sucesso, e que poderá consequentemente levar à gregarização da próxima geração (Bouaïchi *et al.*, 1996).

Assim, Bouaïchi *et al.* (1996) demonstraram para a espécie *Schistocerca gregaria*, que as condições ambientais que determinam mudanças na densidade dos gafanhotos, produzem também respostas comportamentais. Além disso mostraram que as populações naturais de gafanhotos responderam aos parâmetros ambientais de modo semelhante ao dos gafanhotos criados em laboratório.

O comportamento característico da gregarização ocorre rapidamente na espécie *Schistocerca gregaria*. Uma ninfa com características solitárias torna-se rapidamente gregária, quando colocada em condições de elevada densidade por um período de 1 a 4 horas. Quando estes insectos são novamente colocados em condições solitárias, tornam-se rapidamente solitários. Os gafanhotos que anteriormente se encontravam em densidades gregárias, também mudam para a fase solitária, no entanto essa passagem não é completa e apresenta 2 períodos - o primeiro, que ocorre rapidamente, e um segundo que ocorre lentamente. Assim, como resumo pode-se

referir que o comportamento de gregarização ocorre rapidamente, mas também é rapidamente perdido se a densidade diminuir. Um reforço contínuo da densidade é essencial para levar ao processo de gregarização (Roessingh & Simpson, 1994).

Quando os gafanhotos se encontram na fase solitária, normalmente evitam-se, excepto na altura da cópula. Deverá assim existir um factor externo que vai provocar a aproximação dos gafanhotos e inicializar o processo de gregarização. Se os gafanhotos perderem o contacto entre eles após um curto período de gregarização, as características comportamentais associadas à gregarização também são rapidamente perdidas, e a população regressa à fase solitária. No entanto, após longos períodos em que os gafanhotos foram mantidos em condições de densidades elevadas, são necessárias várias gerações para tornarem a passar para a fase solitária (Roessingh *et al.*, 1993; Roessingh & Simpson, 1994).

Neste estudo a comparação de duas sub-espécies de *L. migratoria* foi realizada a vários níveis, com o objectivo de identificar parâmetros que permitam descodificar as diferenças existentes e ajudar no esclarecimento dos sistemas que levam à gregarização e à passagem à fase solitária. No 1º nível avaliou-se a bioecologia das duas sub-espécies, analisando como elas se comportavam em condições de diferentes densidade e fisiologia (♀ ♀ virgens; ♀ ♀ copulada; hibridação entre as duas sub-espécies). Num 2º nível analisou-se a emissão de substâncias semio-químicas e efectuou-se uma comparação entre as duas sub-espécies a nível das substâncias emitidas pelos machos, fêmeas e ootecas. Por fim o último nível analisado foi a percepção olfactiva (electroantenogramas) das duas sub-espécies a algumas substâncias que potencialmente poderão fazer parte do seu sistema feromonal.

5.4.1. Bioecologia de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*

Verificou-se que a taxa intrínseca de crescimento populacional (r), traduzida em número de ootecas e de ninfas vivas produzidas em condições de reprodução sexuada, foi mais elevada para a sub-espécie *L. m. migratorioides* do que para *L. m. cinerascens*. A primeira sub-espécie possui assim uma maior potencialidade de crescimento populacional rápido, em particular em situações de elevada densidade populacional. Estes resultados estão de acordo com as referências existentes na literatura: Ellis, 1959; Denis *et al.*, 1976; Schmidt, 1996; Schmidt & Albütz, 1999, e confirmam e completam o trabalho de Martinho *et al.* (1995).

Segundo Bergerard e Seugé (1959), as ootecas de fêmeas virgens de *L. m. migratorioides* não apresentam diferenças morfológicas muito acentuadas relativamente aquelas provenientes de fêmeas copuladas, tendo o número de ovos

das ootecas obtidas por via partenogenética sido um pouco inferior ao obtido pela via sexual. Estes autores observaram que, nas ootecas provenientes de fêmeas virgens, a espuma produzida é menor do que nas fêmeas copuladas, podendo haver na reprodução sexuada um estímulo das glândulas anexas do aparelho reprodutor das fêmeas. Um dos resultados obtidos por estes autores encontra-se em consonância com os obtidos por nós, relativamente às taxas de eclosão dos ovos: por reprodução sexuada mais de 70% dos ovos eclodiram, enquanto que para a reprodução por partenogénese só 20% dos ovos eclodiram. De acordo com os mesmos autores, as ninfas originadas por reprodução partenogenética têm uma taxa de mortalidade mais elevado do que as obtidas por via sexuada. Pelo contrário, estes autores apenas conseguiram obter uma geração de fêmeas virgens, enquanto que os resultados por nós obtidos mostraram ser possível produzir 13 gerações contínuas de fêmeas virgens de *L. m. migratorioides*. Relativamente a *L. m. cinerascens*, só nos foi possível obter 1 geração de fêmeas virgens. A existência de reprodução partenogenética facultativa é uma adaptação que contribui para que as populações de gafanhotos consigam sobreviver a desastres periódicos que conduzem a uma redução da densidade populacional para níveis muito baixos (Stauffer & Whitman, 1997). Verificou-se que as fêmeas de *L. m. migratorioides* parecem adaptar-se melhor a essas alterações de densidade populacional, uma vez que a reprodução partenogenética foi muito mais eficiente nestas fêmeas, do que nas fêmeas de *L. m. cinerascens*.

O facto de ter resultado uma mortalidade elevada das ninfas de 1º instar obtidas por cruzamento entre as duas sub-espécies poderá indicar a existência de alguma diferenciação a nível genético. Outro facto que poderá servir de argumento para fundamentar essa hipótese, foi a obtenção de apenas duas gerações consecutivas de gafanhotos híbridos.

Verificou-se também que os animais híbridos, resultantes do cruzamento de fêmeas de *L. m. migratorioides* com machos de *L. m. cinerascens*, apresentavam diferenças morfológicas dos animais provenientes do cruzamento de fêmeas de *L. m. cinerascens* com machos de *L. m. migratorioides*. Assim, parece que estes últimos animais apresentavam características solitárias, visto que o *pronoto* tinha um declive mais acentuado, enquanto nos animais resultantes de fêmeas de *L. m. migratorioides* o *pronoto* apresentava-se sem inclinação (visto de perfil). Este facto poderá indicar que, as fêmeas seriam responsáveis pela transmissão de características morfológicas específicas das fases gregária, ou solitária.

5.4.2. Extracções de substâncias semio-químicas com possível acção feromonal

A maior parte dos estudos em que se procedeu à identificação de substâncias com possível acção feromonal foram realizados para a espécie *Schistocerca gregaria*, tendo-se encontrado substâncias como o anisol, veratrol, benzaldeído, guaiacol e acetofenona, entre outras (Mahamat *et al.*, 1993, Ray *et al.*, 1997). Os machos adultos produzem anisol, benzaldeído, veratrol e guaiacol, embora estas substâncias possam aparecer nos extractos das fêmeas e das ninfas, mas só em concentrações muito baixas (Torto *et al.*, 1994).

Niassy *et al.* (1999) procederam a uma comparação das emissões de substâncias semio-químicas entre *Schistocerca gregaria* e *L. m. migratorioides*, tendo encontrado, para a primeira espécie, diferenças maiores na especificidade dos compostos produzidos por machos e fêmeas do que para a segunda. Além disso, em *L. m. migratorioides* tanto os adultos como as ninfas de ambos os sexos podiam induzir o comportamento gregário noutros adultos da população. No entanto as ninfas não respondiam aos estímulos produzidos pelos adultos. Os voláteis emitidos pelos adultos eram dominados por compostos alifáticos, reminiscentes dos voláteis provenientes de Poaceae usadas por estes animais na alimentação (Njagi e Torto, 1996). Os autores observaram a presença de veratrol e guaiacol, sendo estes os únicos compostos activos derivados do benzeno presentes em concentrações mais elevadas. Torto *et al.* (1999) demonstraram a existência de um padrão de fase menos evidente e uma menor diferenciação sexual da feromona de agregação em *L. m. migratorioides* em comparação com *S. gregaria*.

A nível geral, quando se procedeu à comparação dos cromatogramas completos para as duas sub-espécies estudadas, verificou-se que o factor densidade influenciava os extractos obtidos para os machos das duas sub-espécies, e para as fêmeas de *L. m. cinerascens*, tendo-se encontrado um menor número de picos nos cromatogramas dos extractos obtidos para densidades menores. Para os picos que tinham maiores áreas percentuais, verificou-se a ocorrência de diferenças em relação às suas áreas percentuais. No entanto obtiveram-se picos específicos dos extractos das fêmeas e das ootecas de *L. m. migratorioides*. Uma possível identificação dos picos encontrados nos extractos das ootecas de *L. m. cinerascens* aponta para as substâncias (Z)-6-octen-2-one, acetofenona, benzaldeído e fenilacetoneitrilo. Nos extractos das ootecas de *L. m. migratorioides* encontraram-se anisol e 4-venilveratrol. Registou-se a presença de outras substâncias, que de uma maneira geral foram encontradas em todos os extractos: benzoilnitrilo, (E,E)-3,5-octadieno-2-one e 2-methoxy-4-vinilfenol.

Vários factos permitem aceitar a existência de uma feromona de gregarização, que afecta as transformações fisiológicas das formas solitárias para as gregárias, induzindo um comportamento gregário, provocando alteração na cor dos gafanhotos (que ficam com mais melanina) e noutras características morfológicas. A feromona de agregação promove a formação de grandes grupos, prontos para iniciarem a migração, e que por isso se encontram mais protegidos dos predadores e terão vantagens relativamente à sua orientação, em comparação com os indivíduos isolados (Byers, 1991).

Compostos de plantas, provenientes de arbustos existentes no deserto, podem induzir a síntese de feromonas de maturação em populações naturais de gafanhotos. Note-se que, em relação aos indivíduos isolados, as populações com elevadas densidades têm a possibilidade de atingir a maturidade sincronizadamente, preparando-se desta forma para uma migração massiva (Byers, 1991).

Vários autores afirmam que existem dois tipos diferentes de feromonas de agregação, uma produzida pelas ninfas e outra produzida pelos adultos (Torto *et al.*, 1994; Obeng-Ofori *et al.*, 1993).

As ninfas da fase gregária de *Schistocerca gregaria* e *Locusta migratoria migratorioides* são frequentemente observados a marchar juntas, num bando comum, no campo (Niassy *et al.*, 1999). Estes grupos de ninfas de ambas as espécies que caminham juntas no campo, não são eventos furtivos, mas reflectem fortes respostas de agregação interespecífica às emissões de feromonas das duas espécies. Não foi até agora registado no campo, grupos de gafanhotos adultos de ambas as espécies (Niassy *et al.*, 1999).

Os últimos instares de ambos os sexos de *L. m. migratorioides* respondem igualmente aos seus próprios voláteis, indicando que a feromona de agregação é produzida por ♂♂ e ♀♀. Este facto também se regista para os adultos de *L. m. migratorioides*, embora as fêmeas respondam mais fortemente às emissões dos machos, do que às suas próprias. As ninfas de *L. m. migratorioides* respondem aos voláteis emitidos pelas ninfas de *S. gregaria*. O mesmo facto foi registado para os adultos de *L. m. migratorioides* em relação aos voláteis emitidos pelos adultos de *S. gregaria* (Niassy *et al.*, 1999).

Dos voláteis produzidos pelas ninfas de *L. m. migratorioides* salientam-se três compostos, ácido hexanóico, fenilacetónitril e outro composto que ainda não foi identificado, os quais provocam reacções a nível electroantegráfico (Niassy *et al.*, 1999).

Dos voláteis produzidos pelos adultos de *L. m. migratorioides* foram identificados nove componentes, que provocam respostas EAG das antenas de machos: (E)-2-pentenal, (Z)-2-pentenal, (Z)-2-hexenal, (Z)-2-pentano-1-ol, (Z)-2-hexeno-1-ol, veratrol, ácido hexanoico, guaiacol e ácido nonanoico e cinco componentes alifáticos (Niassy *et al.*, 1999).

Em relação aos voláteis emitidos pelas fezes das larvas de último instar de *L. m. migratorioides*, os compostos mais activos são guaiacol, fenol e indol (Obeng-Ofori *et al.*, 1994b; Torto *et al.*, 1999).

Deng *et al.* (1996), concluíram que é possível monitorizar as alterações nas concentrações das substâncias semio-químicas emitidas por *Schistocerca gregaria*, sendo um meio mais sensível de comparação de populações, que permite determinar o seu estado de agregação, particularmente nos estádios preliminares de transformação de fase, em oposição aos meios morfométricos.

Muitos autores referem que a oviposição em grupo é mediada por feromonas (Norris, 1963, 1970; Lauga e Hatte, 1977, 1978; Saini *et al.*, 1995; Rai *et al.*, 1997). Foram até agora identificados 5 compostos com os quais se obteve resposta nas análises GC-MS isto é à medida que se aumentava a concentração das ootecas, aumentava a área dos picos: (Z)-6-octeno-2-one, (E,E)-3,5-octadieno-2-one; (E,Z)-3,5-octadieno-2-one; acetofenona e veratrol (Saini *et al.*, 1995; Rai *et al.*, 1997; Bashir *et al.*, 2001).

Neste estudo encontraram-se as respostas de EAG mais intensas em ambas as sub-espécies, para as substâncias acetofenona, guaiacol e veratrol, embora a sub-espécie *L. m. migratorioides* reagisse mais que *L. m. cinerascens*, sendo os machos os que reagem mais fortemente.

A acetofenona e o veratrol foram identificados por Rai *et al.* (1997), como substâncias semio-químicas que fazem parte da feromona de oviposição de *S. gregaria*. Estes investigadores verificaram que estas substâncias não actuam em sinergismo. O veratrol apresenta efeitos múltiplos, é um acelerador da maturação, agrega os adultos e induz à oviposição. Estes factos suportam a especulação que o comportamento de oviposição da *S. gregaria* poderia eventualmente ser modelado por duas vias: através da espuma das ootecas e além disso por feromonas, como sejam de agregação e de maturação, produzidas pelos machos que frequentemente permanecem junto das fêmeas durante o processo de postura.

Em *L. m. migratorioides* a oviposição poderá ser mediada por uma feromona, presente na areia onde previamente ovipositaram fêmeas que se encontravam na fase gregária (Lauga e Hatte, 1977, 1978). A concentração de feromona na areia aumentaria com as repetidas posturas das fêmeas, o que faria aumentar a sua atractividade. A duração da atracção da areia foi descrita como sendo superior a 6 meses (Lauga e Hatte, 1977, 1978). No entanto nunca se identificou tal feromona. Estes investigadores observaram que fêmeas que se preparavam para ovipositar tocavam com as antenas, palpos, mandíbulas e abdómen na areia dos locais escolhidos, que já tinham anteriormente sido utilizados por outras fêmeas para ovipositar. Este facto também foi registado por Torto *et al.* (1999) o que sugere a procura de compostos específicos que se encontrem no solo, antes da oviposição.

Uma feromona de oviposição, produzida por ambos os sexos (mas principalmente pelas fêmeas) induzirá outras fêmeas a ovipositar em áreas onde a feromona for libertada. Tal feromona beneficiaria a população levando as ninfas do 1º instar a manterem-se juntas desde o início do ciclo. Assim, caso a densidade seja elevada a feromona de gregarização poderá actuar, preparando os gafanhotos para a migração (Byers, 1991).

Os resultados obtidos por Bashir *et al.* (2001), mostram que as preferências de oviposição existente nas duas fases dos gafanhotos *Schistocerca gregaria* servem o mesmo objectivo, isto é facilitar a passagem à fase gregária. Neste estudo é salientada a importância de algumas plantas existentes no deserto, nas áreas de oviposição provocando uma concentração de ootecas em determinados locais, pelas fêmeas da fase solitária. Assim as preferências de locais para postura das fêmeas da fase solitária, e das da fase gregária, são divergentes. As fêmeas da fase solitária são fortemente atraídas para as imediações de locais onde existem plantas da espécie *Heliotropium* para ovipositarem as suas ootecas. As fêmeas da fase gregária evitam os locais onde existem essas plantas e preferem ovipositar em zonas arenosas com pouca ou nenhuma vegetação.

De acordo com McCaffery *et al.* (1998), parecem existir dois tipos de mecanismos que medeiam o processo de oviposição: um sinal composto por voláteis, libertado por fêmeas que estão a ovipositar e pelas ootecas, o qual modela o comportamento de oviposição das fêmeas grávidas, atraindo-as para um local comum de oviposição (Saini *et al.*, 1995; Rai *et al.*, 1997; Torto *et al.*, 1999), e outro sinal tipo “primer” também associado com as ootecas, que promove ou sustem as características de gregarização nas ninfas 1º instar.

Uma compreensão completa do processo de oviposição durante a fase gregária, poderá conduzir ao desenvolvimento de táticas de controlo que provoquem uma inibição da oviposição ou a concentração das ootecas em áreas tratadas com agentes de controlo biológico. Em relação a estas substâncias com possível acção feromonal existem várias perspectivas para a sua aplicação:

1. Marcadores de fase, que poderão elucidar quais os factores responsáveis pela dinâmica da gregarização / passagem à fase solitária.
2. Desenvolvimento de sistemas de monitorização, que permitam detectar e medir alguns parâmetros de populações que constituem pragas potenciais.
3. No controlo directo:
 - 3.1 Utilização de feromonas de gregarização e de maturação, para induzir populações de gafanhotos com baixas densidades a migrarem prematuramente, ou numa época não apropriada.
 - 3.2 Utilização da feromona de oviposição de forma a dispersar os locais de oviposição, provocando uma reacção oposta à formação de grupos coesos desde a eclosão. Ou, em alternativa, a feromona pode ser usada de forma a concentrar os gafanhotos em locais onde existam altas densidades de inimigos naturais, provocando assim uma taxa de mortalidade elevada.

5.4.3. Células sensoriais existentes nas antenas

Verificou-se a presença de 4 tipos de sensilas nas antenas de *L. m. migratorioides* e *L. m. cinerascens*.

Num estudo realizado por Greenwood e Chapman (1984), estes investigadores verificaram que os adultos de *L. migratoria* têm um número mais elevado de sensilas que as ninfas. Determinaram que a forma da sensila tricóide, com um poro terminal indica que estas células são quimiorreceptores de contacto, e que os insectos da fase gregária apresentam um número aparentemente superior destas sensilas que os insectos na fase solitária, resultado este que está de acordo com as nossas observações quando comparámos as duas sub-espécies.

Em relação às sensilas celacónicas os resultados obtidos por estes investigadores, mais uma vez, estão em concordância com os nossos, ou seja, para este tipo de sensila os animais da fase solitária apresentavam um número mais elevado. Estes autores referiram também que este tipo de sensila tem uma função olfactiva.

Relativamente às sensilas basicónicas não se obteve o mesmo resultado que os autores anteriormente referidos, não se tendo, no nosso caso encontrado diferenças entre as duas sub-espécies.

Greenwood e Chapman (1984) especularam que as diferenças registadas no número de sensilas entre as duas fases, ocorre porque os indivíduos na fase gregária necessitam de uma menor sensibilidade para responder aos estímulos ambientais, devido à elevada densidade em que se encontram. Pode-se também especular que os indivíduos da fase solitária necessitam de um número mais elevado de receptores para responder à feromona de agregação.

5.4.4. Estudos Electrofisiológicos (curvas de dose resposta)

No nosso estudo os machos mostraram reacções do que as fêmeas às substâncias testadas. Embora trabalhando com outra espécie, *Schistocerca gregaria*, Obeng-Ofori *et al.* (1994) obtiveram resultados semelhantes. Com *L. migratoria* verificamos ainda que os machos de *L. m. migratorioides* reagem mais intensamente que os de *L. m. cinerascens*, não existindo referências bibliográficas sobre este tópico.

Observámos que tanto *L. m. migratorioides* como *L. m. cinerascens* exibiram respostas olfactivas mais intensas às substâncias componentes das suas feromonas do que à mistura de voláteis de folhas verdes (green-leaf volatiles). Este facto não está de acordo com Greenwood e Chapman (1984), que verificaram, para *L. m. migratorioides*, ser a percepção de odores relacionados com a alimentação mais intensa do que as substâncias constituintes de feromonas.

Note-se que Rogers e Simpson (1997) observaram que a manipulação do meio olfactivo afecta o número de células sensoriais existentes nas antenas dos gafanhotos. Estes autores referiram que em condições naturais, a detecção de uma variedade elevada de substâncias semio-químicas quer a nível nutritivo, ou a outro nível, presentes em diferentes plantas, é uma parte essencial utilizada pelos gafanhotos na selecção de alimento. Parece que a exposição de gafanhotos da espécie *Locusta migratoria* a essas substâncias e a todo o ambiente complexo que os rodeia, pode constituir uma parte essencial do desenvolvimento e talvez funcionamento do sistema químico sensorial.

Notaram-se claramente diferenças entre as duas sub-espécies estudadas, que podem estar relacionadas com as condições de densidade e fisiológicas a que estas populações foram submetidas. De salientar que as maiores diferenças foram registadas para as fêmeas das duas sub-espécies, tanto a nível de bio-ecologia como

das substâncias semio-químicas emitidas. Notou-se que a sub-espécie *L. m. migratorioides* respondeu mais intensamente às substâncias testadas e que potencialmente poderão fazer parte dos sistemas feromonais. Esta sub-espécie apresenta características gregárias e encontra-se bem adaptada a todas as condições estudadas, o que revela uma grande plasticidade de adaptação às diferentes condições que a rodeiam. Estes dados, confirmam e reforçam as recomendações de Uvarov (1996) e Schmidt e Albütz (1996), indicando que todas as sub-espécies de *L. migratoria* devem ser consideradas separadamente, uma vez que se registam diferenças fundamentais entre populações de zonas diferentes.

6. DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

O aparente paradoxo existente entre objectivos de conservação e de gestão de espécies nocivas, é um tema muito complexo e que só recentemente começou a ganhar importância (Samways, 1997; Samways e Lockwood, 1998; Lockwood *et al.*, 2000).

Na Ordem Orthoptera encontram-se desde espécies muito raras, até outras muito abundantes. Algumas estão ameaçadas de extinção e tornam-se objecto de esforços de conservação, enquanto outras podem constituir pragas devastadoras, razão pela qual foram implementados programas de controlo aplicados em larga escala.

No entanto mesmo as espécies que se tornam pragas, não são continuamente prejudiciais ao Homem. Por exemplo *Locusta migratoria* na sua forma solitária, que ocorre no Sul de França, apenas tem importância para coleccionadores de Orthoptera, enquanto que, na Hungria, esta espécie se encontra ameaçada, tendo-se tornado rara desde o fim do século XIX (Nagy, 1992). Em Portugal, esta espécie foi encontrada apenas na sua forma solitária.

Porém, a existência de elevados níveis populacionais, num determinado momento, não exclui a possibilidade de extinção de uma espécie. Por exemplo, a espécie *Decticus verrucivorus monspeliensis* (Rambur), que era considerada praga nos campos de cereais de Montpellier, Sul de França, na década de 40, encontra-se, aparentemente extinta (Samways, 1989). Ainda mais dramático é o caso de *Melanolplus spretus* (Walsh), espécie que provocou devastação no Oeste Americano nos anos de 1860 e 1870 e que entretanto se extinguiu em 1902 (Lockwood e De Brey, 1990).

Muitas alterações provocadas pelo Homem, tais como o sobre-pastoreio e a desertificação, afectaram a duração e frequência das pragas de gafanhotos, e conduziram ao desenvolvimento de programas de controlo extensivos, para protecção dos recursos agrícolas. No entanto, em pradarias temperadas, os gafanhotos são elementos muito importantes do ecossistema, existindo muitas espécies raras. Desta forma deve-se ter particular cuidado na gestão de pragas de gafanhotos, para não alterar os processos naturais e vitais que sustentam esses ecossistemas.

Numa visão hoje ultrapassada, a gestão de pragas e a conservação da natureza eram considerados campos filosófica, metodológica e politicamente antagónicos. No

entanto, considera-se actualmente que para a ordem Orthoptera existe mutualismo entre os objectivos controlo de populações e conservação das espécies. Assim, para os cientistas que trabalham em ambos os campos, alguns pontos de investigação e de aplicação requerem especial atenção (Lochwood *et al.*, 2000), nomeadamente:

1. O problema da raridade é de grande importância – quais os mecanismos que levam algumas espécies a passar de raras a pragas, enquanto outras se mantêm em densidades constantes, ou mesmo decrescentes?
2. A redução dos impactes negativos provocados pelos insecticidas, que se tornou num assunto essencial – como reduzir os efeitos dos insecticidas em relação às espécies não alvo de programas de gestão, de modo a otimizar simultaneamente a vertente económica, e os aspectos ambientais, em acções de controlo?
3. O aumento de importância do controlo biológico – como assegurar que este tipo de controlo resulte na supressão de pragas de gafanhotos, sem impactes negativos nas espécies não alvo?
4. Como utilizar os conhecimentos taxonómicos e filogenéticos de forma a seleccionar os agentes patogénicos para controlar determinadas espécies sem causar danos ambientais?
5. Como gerir os usos do solo através da pastorícia, agricultura e outras práticas, por forma a proteger a biodiversidade de Orthoptera, sem contribuir para infestações de espécies que provocam pragas?
6. O desenvolvimento de uma agricultura sustentável depende do conhecimento das espécies nativas e da sua função nesses ecossistemas complexos – como determinar qual o papel ecológico e o valor económico dos Orthoptera nos ecossistemas agrícolas?

A destruição de habitats é o principal factor responsável pela extinção de muitas espécies de Orthoptera (Samways, 1997; Gapparov e Latchininsky, 2000). No caso das espécies que podem provocar pragas, a destruição do habitat frequentemente conduz à eliminação de populações locais. As espécies com requerimentos ecológicos semelhantes (p.e. *Locusta migratoria* e *Dociostaurus maroccanus*), são mais susceptíveis à destruição dos seus habitats, quando comparadas com espécies ecologicamente mais adaptáveis (p.e. *Calliptamus italicus italicus*) (Gapparov e Latchininsky, 2000). Considera-se pois que a conservação de grande parte dos Orthoptera vai depender principalmente da preservação dos habitats.

Assim é evidente que, tanto a conservação como o controlo requerem um profundo conhecimento da biologia das populações e da ecologia das comunidades dos organismos considerados, de forma a que sejam desenvolvidos os pontos mais adequados. Investigações sobre o valor ecológico e conservação de Orthoptera tornaram-se uma componente necessária em estudos de conservação da ecologia da paisagem (Samways, 1997).

Neste trabalho abordaram-se alguns pontos desta problemática (conservação e gestão de gafanhotos), ou seja, investigou-se quais as espécies de Orthoptera que poderão estar ameaçadas e quais as que potencialmente poderão causar pragas em Portugal Continental.

Salientam-se os seguintes pontos de entre os resultados obtidos, os quais constituem aspectos ou conclusões novas:

Verificou-se que a biodiversidade de Orthoptera se encontrava relacionada com a diversidade da paisagem, registando-se os valores mais elevados em locais que apresentavam uma elevada diversidade de habitats, como é o caso do Parque Natural do Alvão. Os valores mais baixos foram obtidos na Mata Nacional de Leiria e na Herdade da Ferraria, locais que apresentavam uma maior homogeneidade de habitats, constituídos quase exclusivamente por plantações de *Pinus pinaster*.

1. Foram identificadas 60 espécies de Orthoptera, sendo mais frequentes as espécies de Caelifera (36) do que Ensifera (24). Foram registadas cerca de 50.4% das espécies de Orthoptera conhecidas para Portugal. Além disso, foram encontradas pela primeira vez em Portugal nove espécies, entre as quais se inclui uma espécie nova para a ciência, *Uromenus (Steropleurus) anapaulae*.
2. As espécies consideradas como raras pertencem essencialmente aos géneros *Platystolus* e *Uromenus*, que apresentam uma distribuição limitada e com um número reduzido de gafanhotos, podendo necessitar de protecção especial.
3. Conclui-se que os tetigonídeos poderão ser preciosos auxiliares na luta contra *T. pityocampa*, embora apenas as espécies maiores consigam predar as posturas, larvas (pelo menos até ao 2º instar) e imagos da processionária. Estabeleceu-se ainda que, no entanto, os gafanhotos não utilizam a feromona sexual da *T. pityocampa* como cairomona, para localizar as suas presas.

4. De entre os ortópteros encontrados que potencialmente poderão causar pragas, salienta-se *L. migratoria cinerascens*. Verificou-se que esta subespécie apresentava características solitárias que a diferenciavam da subespécie *L. migratoria migratorioides*, nomeadamente:

4.1 Bio-ecológicas, em particular relativas aos parâmetros reprodutores, que são típicos da fase solitária.

4.2 Fisiológicas/bioquímicas, reflectidas na composição das substâncias semio-químicas produzidas, isto é no funcionamento do sistema de comunicação olfactiva.

Na continuação deste trabalho aponta-se a necessidade de se expandir a recolha de Orthoptera a outros tipos de ecossistemas e regiões de Portugal, principalmente à zona Sul do país. Tal estudo permitirá determinar quais as espécies cuja distribuição é generalizada, regional ou local, e quais os habitats que albergam uma maior biodiversidade de Orthoptera e que, por esse motivo, deveriam ser protegidos.

Igualmente será possível determinar quais as espécies vulneráveis, raras ou ameaçadas e quais aquelas que potencialmente poderão provocar pragas. Em relação a estas últimas, os futuros estudos deverão ser realizados a nível das populações locais, determinando quais as populações que apresentam densidades críticas, e em que tipo de habitats. Com o fenómeno das alterações climáticas e consequentes alterações que se poderão registar para Portugal, dever-se-á tomar particular atenção às zonas Sul e interior do nosso País, em particular para a espécie *Locusta migratoria cinerascens*, por forma a prever atempadamente a eventual ocorrência de uma mudança de fase solitária, para a gregária.

Existe pouca informação disponível a nível da distribuição geográfica de Orthoptera, salvo para países como Inglaterra e Estados Unidos da América. As futuras estratégias para a conservação de Orthoptera terão que confrontar-se com estas limitações. Deverão ser considerados alguns pontos importantes tendo em vista a manutenção da biodiversidade associada aos Orthoptera, nomeadamente:

1. Manutenção de áreas com a maior dimensão possível, com características o mais naturais possíveis e grande heterogeneidade de habitats. Este ponto é particularmente importante nos trópicos, em grutas, zonas húmidas e outros tipos de habitats isolados e susceptíveis.
2. Avançar com a prospecção de Orthoptera e identificação de espécies.
3. Determinar a distribuição e estudar a biologia das novas espécies descobertas.

4. Continuar a actualizar o Livro Vermelho dos Animais em Perigo, e as categorias em que se encontram as diferentes espécies de Orthoptera. Para tal será necessário identificar e delimitar as espécies que poderão manter populações ameaçadas.
5. Prosseguir a investigação a nível da ecologia da paisagem por forma a determinar qual o nível de fragmentação de habitats que afecta os Orthoptera. Este ponto também fornecerá informação para as próximas décadas, em relação a alterações a nível global, tais como as alterações climáticas.
6. Reintroduzir espécies de alto valor conservacionista em locais onde tenham ocorrido anteriormente. Sabe-se que o sucesso da reintrodução aumenta quando se utilizam fêmeas grávidas, ou ovos.
7. A criação em laboratório e posterior reintrodução constituirá, nalguns casos, a única possibilidade, embora dispendiosa, de protecção de espécies com importante valor taxonómico.
8. A introdução de agentes de controlo biológico exóticos na gestão de espécies de Orthoptera acarreta alguns riscos, pois o agente introduzido poderá atacar outras espécies com papel importante naquele ecossistema. Antes da introdução deverão ser realizados testes para as espécies não alvo. A libertação só deve ser realizada, quando outras estratégias de gestão se mostraram inadequadas e demonstrado que esse agente apenas irá suprimir a espécie que causa a praga.
9. Explorar e aproveitar, numa perspectiva antropocêntrica, a possibilidade de utilização de algumas espécies de ortópteros que provocam pragas, por exemplo para fertilização do solo, na alimentação de animais domésticos e até mesmo humano, prática aliás milenar ainda hoje praticada, em pequena escala por alguns povos.
10. Utilização de algumas espécies de tetigonídeos predadores, no controlo de outras pragas. Além disso poderá implementar-se a produção de grilos e outros tetigonídeos, que constituem espécies muito interessantes a nível musical, tendo-se constatado que, para muitas pessoas, os sons produzidos pelos Orthoptera proporcionam um sentido de harmonia com a natureza (Samways, 1997).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEA, 1999. "Environment in the European Union at the turn of the century", Agência Europeia de Ambiente, Copenhaga, Environmental assessment report nº 2.
- Agelopoulos, N., Birkett, M. A., Hick, A. J., Hooper, A. M., Pickett, J. A., Pow, E. M., Smart, L. E., Smiley, D. W. M., Wadhams, L. J., Woodcock, C. M., 1999. Exploiting semiochemicals in insect control. *Pesticide Science* **55** (3), pp. 225-235.
- Aires, B. & Menano, H. P., 1916. Catálogo sinóptico dos Ortópteros de Portugal. Colec. do Museu Zool. da Univ. de Coimbra, Imprensa da Universidade Coimbra, 60 pp.
- Amerasinghe, F. P., 1978. Pheromonal effects on sexual maturation, yellowing and the vibration reaction in immature male desert locust (*Schistocerca gregaria*). *Journal of Insect Physiology* **24**, pp. 309-314.
- Anton, S., Hansson, B. S., 1996. Antennal lobe interneurons in the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) : Processing of aggregation pheromones in adult males and females. *Journal of Comparative Neurology* **370**, pp. 85-96.
- Arias, A., Alvez, C., García, F., Martínez de Velasco, D., Oliveira, J., Prieto, A., e Santos, R., 1993. La lucha contra la lagosta marroquí (*Doclostaurus maroccanus*, Thunb.) en Extremadura durante el decenio 1983-1992. *Bol. San. Veg. Plagas* **19**, pp. 425-453.
- Arias, A., Sanchez, M., Jiménez, J., Santos, R. e Martínez de Velasco, 1994. Distribución en el suelo de las ootecas de *Doclostaurus maroccanus* (Thunb.) e importancia de su depredación en dos fincas de Extremadura. *Bol. San. Veg. Plagas* **20**(1), pp. 3-22.
- Arn, H., Stadler, E., Rauscher, S., 1975. The Electroantennographic Detector - a selective and sensitive tool in the gas chromatographic analysis of insect pheromones. *Z. Naturforsch.* **30** c, pp. 722-725.
- Assad, Y. O. H, Torto, B., Hassanali, A., Njagi, P. G. N., Bashir, N. H. H. and Mahamat, H., 1997a. Seasonal variation in the essential oil composition of *Commiphora quadricincta* and its effect on the maturation of immature adults of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Phytochemistry* **44**, pp. 833-842.
- Assad, Y. O. H, Hassanali, A., Torto, B., Mahamat, H., Bashir, N. H. H. and Bashir, S. E., 1997b. Effects of fifth instar nymphs on maturation of immature adults of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology* **23**, pp. 1373-1388.
- Azevedo, A. R. & Magalhães Silva G., 1948. Relatório dos trabalhos de prospecção do gafanhotos marroquino (*Doclostaurus maroccanus* Thunb.). 33 pp.
- Baccetti, B., Capra, F., 1978. Notulae Orthopterologicae. XXXIV. Le specie italiane del genere *Gryllotalpa* L. *Redia, Firenze* **61**, pp. 401-464.
- Barranco, P., Pascual, F. e Cabello, T., 1995. Modelización del desarrollo postembrionario de *Doclostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815). *Bol. San. Veg. Plagas* **25**, pp. 241-253.
- Bashir, S., Rai, M. M., Saini, R. R., Hassandi, A., 2001. Desert locust oviposition preferences. *J. Chem. Ecol.* **27**, pp. 1721-1733.
- Bateman, R. P., 1997. The development of a mycoinsecticide for the control of locusts and grasshoppers. *Outlook on Agriculture* **26**, pp. 13-18.

- Battisti, A., 1987. *Thaumetopoea pityocampa*. Bio-ecologia e problemidi di energetica in Ecosistemi di Pineta. *Convegno sulle avversità del bosco e della specie Arbore da legno*, pp. 223-234.
- Bellés, X., 1998. Supervivientes de la biodiversidad. RubeSciencia. Barcelona.
- Bellmann, H., Luquet, G., 1995. Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe Occidentale. Delachaux et Niestlé. 383 pp.
- Belovsky, G. E., 2000. Do grasshoppers diminish grassland productivity? *In* Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A, Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 7-29.
- Bouaïchi, A., Roessingh, P., Simpson, S. J., 1995. An analysis of the behavioural effects of crowding and re-isolation on solitary-reared adult desert locusts (*Schistocerca gregaria*) and their offspring. *Physiological Entomology* **20**, pp. 199-208.
- Bouaïchi, A., Simpson, S. J., Roessingh, P., 1996. The influence of environmental microstructure on the behavioural phase state and distribution of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *Physiological Entomology* **21**, pp. 247-256.
- Breuer, M. & Devkota, B., 1990. Studies on the importance of nest temperature of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae). *J. Appl. Ent.* **109**, pp. 331-335.
- Brunnemann, U., 1996. Identifizierung und Synthese von Heuschreckenpheromonen. PhD thesis, University of Hamburg, Germany. 147 pp.
- Byers J. A., 1991. Pheromones and chemical ecology of locusts. *Biol Rev* **66**, pp. 347-378.
- Cabral, M. T. C., 1978-1979. Contribuição para o conhecimento da tabela de vida da processionária do pinheiro (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). *Anais do I.S.A. da U.T.L.*, Lisboa **38**, pp. 181-195.
- Carpita, A., Quaglla, F., Rossi, E., Rossi, R., 1983. Synthesis and bioactivity of (Z)-13-hexadecen-11-yl acetate, the proposed sex pheromone of *Thaumetopoea pityocampa*, and of its (E)-stereoisomer. *Frust. Ent. N. F.*, **6**, pp. 327-336.
- Ceballos, P., 1969. Predadores de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Y posibilidades de utilizacion. *Bol. Serv. Plag. For.*, **12**, pp. 35-39.
- Cheke, R. A. & Holt, J., 1993. Complex dynamics of desert locust plagues. *Ecol. Entomol.* **18**(2), pp. 109-115.
- Chernyakhovskiy, M. E., 2000. Can micropopulation management protect rare grasshoppers? *In* Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A, Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 89-95.
- Clark, T. E., 1997. Sampling arthropod diversity for urban ecological landscaping in a species-rich southern hemisphere botanic garden. *Journal of Insect Conservation* **1**(4), pp. 221-234.
- Clemente, M^a. E., Garcia, M^a. D., Presa, J. J., 1987. Clave de los géneros de Saltamontes Ibéricos (Orthoptera; Caelifera). Universidade de Múrcia, 64 pp.
- COPR. 1982. The Locust and Grasshopper Agricultural Manual. London: Centre for Overseas Pest Research.

- Cordeiro, V. A., 1914. Orthopteros de Setúbal. *Brotéria, S. Zool.* **12**, pp. 209-214.
- Cortes, R. M., 1995. Estudo Ecológico de um Rio de Montanha: o Rio Olo no Parque Natural do Alvão. UTAD, Vila Real. 50 pp.
- Cuevas, P., Montoya, R., Belles, X., Camps, F., Coll, J., Guerrero, A., Riba, M., 1983. Initial field trials with the synthetic sex pheromone of processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.). *J. Chem. Ecol.* **9**, pp. 85-93.
- Dantas da Silva, V., 1951. Revisão histórica das pragas de gafanhotos em Portugal. Rel. Final. curso de Engenheiro Agrônomo, Instituto superior de Agronomia. 49 pp.
- Dearn, J. M., 1974. Phase transformation and chiasma frequency variation in locusts. II. *Locusta migratoria*. *Chromosoma* **45**, pp. 339-352.
- Demolin, G., 1969. Bioecologia de la "Procesionaria del pino" *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Incidencia de los Factores Climaticos. *Bol. Serv. Plag. For.*, **12**, pp. 9-24.
- Deng, A. L., Torto, B., Hassanali, A. and Ali, E. E., 1996. Effects of shifting to crowded or solitary conditions on pheromone release and morphometrics of the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Insect Physiology* **42**, pp. 771-776.
- Devkota, B., Schmidt, G. H., 1990. Larval development of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) from Greece as influenced by different hosts plants under laboratory conditions. *J. Appl. Ent.* **109**, pp. 321-330.
- Devkota, B., Breuer, M., Schmidt, G. H., 1992. Observations on the flight activity of the Pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) in Greece, using synthetic sex-pheromone and light traps (Insecta Lepidoptera Thaumetopoeidae). *Boll. Zool. Agr. Bachic. Ser. II* **24**, pp. 147-157.
- DGA. 1999. Relatório de Estado do Ambiente 1999. Direcção Geral do Ambiente. 460 pp.
- DGA. 2000. Relatório de Estado do Ambiente 2000, Caracterizado por um Conjunto de Indicadores Chave. Direcção Geral do Ambiente. 67 pp.
- DGF. 1998. Plano de Desenvolvimento da Floresta Portuguesa. Direcção Geral de Florestas. 120 pp.
- DIRECTIVA 92/43/CEE DO CONSELHO. 1992. Relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens, Directiva Habitats de 21 de Maio de 1992.
- Dobson, H. M., Magor, J. I., 1999. Ancient plagues and modern solutions: locust management in the new millennium. 1999 BCPC symposium proceedings no. **73**: International Crop Protection: Achievements & Ambitions, pp. 11-29.
- Douma-Petridou, E., 1989. European *Thaumetopoea* species (Lep., Thaumetopoeidae): Characteristics and life-cycles. Proc. Thaumetopoea-Symp. Neustadt/Rbge. pp. 12-19.
- Ellis, P. E., 1959. Some factors influencing phase characters in the nymphs of the locust, *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F.). *Insects Sociaux* **6**, pp. 21-39.
- Ellis, P. E., & Pearce, A., 1962. Innate and learned behaviour patterns that lead to group formation in locust hoppers. *Animal Behaviour* **10**, pp. 305-318.
- Einhorn, J., Menassier, P., Michelot, D., Riom, J., 1983. Piégeage sexual de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lep., Notodontidae) par des attractifs de synthèse. Premiers essais dans le Sud-Ouest de la France. *Agronomie*, **3**, pp. 488-505.

- FAO., 2001. State of the World's Forest 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 181 pp.
- Farrow, R., 1974. Comparative plague dynamics of tropical Locusta (Orthoptera, Acrididae). *Bull. ent. Res.* **64**, pp. 401-411.
- Farrow, R., 1975. The african migratory locust in its main outbreak area of the middle Niger: quantitative studies of solitary populations in relation to the environmental factors. *Locusta* **11**:197 pp.
- Farrow, R. 1987. Effects of changing land use on outbreaks of tropical migratory locust, *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F.). *Insect. Sci Applic* **8**, pp. 969-975.
- Ferenz, H. J., Luber, K., Wieting, J., 1994. Pheromones as a means of controlling migratory locusts, New trends in locust control. pp. 81-89. Krall, S., Wilps, H. (eds), Schriftenreihe nº 245. Eschborn: GTZ.
- Fernandes, J. de A., 1959a. Notas orthopterologicas. I. Gryllidae novos ou pouco conhecidos da entomofauna Portuguesa. *Rev. Portug. Zool. Biol. Ger.* **2**, pp. 1-7.
- Fernandes, J. de A., 1959b. Notes orthopterologiques. II. Une nouvelle espèce de *Gryllomorpha* Fieb. et description d'un allotype d'un Ephippigeridae, *Callicrania serrata* (Bol.). *Rev. Portug. Zool. Biol. Ger.* **2**, pp. 97-104.
- Fernandes, J. de A., 1960. Orthopteros novos ou pouco conhecidos da entomofauna Lusitânica. *Rev. Portug. Zool. Biol. Ger.* **2**, pp. 205-218.
- Fernandes, J. A., 1965. Sobre o género *Calliptamus* serv. em Portugal. *Arq. Mus. Boc.* (2ª série) **1**(3), pp. 41-55.
- Ferreira, M. C., 1998. Manual dos Insectos Nocivos às Plantações Florestais. Plátano Edições Técnicas, Lisboa. 381 pp.
- Francke, W. & Schmidt, G. H., 1994. Potential of semiochemicals for locust control. *In*: Rembold, H., Benson, J. A., Franzen, H., Weickel, B. and Schulz, F. A. (eds) *New Strategies for Locust Control*. ASTAF, Bonn., pp. 48-52.
- Fuzeau-Braesch S., Genin, E., Jullien, R., Knowles, E., Papin, C., 1988. Composition and role of volatile substances in atmosphere surrounding two gregarious locusts, *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria*. *J Chem Ecol* **14**(3), pp. 1023-1033.
- Gangwere, S. K., de Viedma, M. G., Llorente, V., 1985. Libro rojo de los Ortópteros Ibericos. Minist. Agric. Pesca e Aliment., Inst. Nac. Conserv. Natur. *Monogr.* **41**, 91 pp.
- Gangwere, S. K. Morales Agacino, E., 1970. The biogeography of iberian orthopteroids. *Miscellánea Zoologica*, Barcelona **2**(5), pp. 9-75.
- Gaparrov, F. A., Latchininsky, A. V, 2000. What are the Consequences of Ecosystem Disruption on Acridid Diversity and Abundance? *In* Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshopper Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, Latchininsky, Sergeev (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 31-59.
- Genin, E., Jullien, R., Perez, F. Fuzeau-Braesch, S., 1986. Cuticular hydrocarbons of gregarious and solitary locusts *Locusta migratoria cinerascens*. *Journal of Chemical Ecology*, **12**(6), pp. 1213-1238.
- Gillet, S. D., 1968. Airborne factor affecting grouping behaviour in locusts. *Nature* **218**, pp. 782-783.
- Gillet, S. D. 1983. Primer pheromones and polymorphism in the desert locust. *Animal Behaviour*

31, pp. 221-230.

- Gillet, S. D., Packham, J. M. and Papworth, S. J., 1976. Possible pheromonal effects on aggregation and dispersion in the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Acrida* **5**, pp. 287-297.
- González Garcia, M. J. 1985. Algunos acridios (Hex. Orth.) del Baixo Alentejo (Portugal). *Bol. Soc. port. Entom.* **2** Suppl. 1, pp. 523-529.
- Graf, P., 1990. Abhängigkeit der Flugperiode des Kiefernprozessionsspiners (*Thaumetopoea pityocampa*) von den Klimabedingungen und der Höhenlage in Marokko. Proc. Thaumet. Sympos. Neustadt/Rbge. 1989, pp. 35.
- Greenwood, M., Chapman, R. F., 1984. Differences in numbers of sensilla on the antennae of solitary and gregarious *Locusta migratoria* L. (Orthoptera, Acrididae). *Internat. J. Insect Morphol. Embryol.* **13**, pp. 295-301.
- Gruttke, H., Engels, H., 1998. Metapopulation structure of *Carabus problematicus* in a fragmented landscape, significance of stimulation results for nature conservation. In Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation, Baumgärtner J., Brandmayr, P., Manly, B. F. J. (eds.). Balkema, Rotterdam, pp. 133-143.
- Halperin, J., Abrahami, H., Friedman, N., Galkin, G., 1984. Mass trapping of the pine processionary caterpillar with pheromone traps. *Hassadeh* **64**, pp. 1867-1872.
- Halperin, J., 1990. Natural enemies of *Thaumetopoea* spp. (Lep., Thaumetopoeidae) in Israel. *J. Appl. Ent.* **109**, pp. 425-435.
- Hansson, B. S., Ochieng, S. A., Grosmaître, X., Anton, S. and Njagi, P. G. N., 1996. Physiological responses and central nervous projections of antennal olfactory receptor neurons in the adult desert locust, *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Comparative Physiology A* **179**, pp. 157-167.
- Harz, H. 1969. The Orthoptera of Europe. I., Dr. W. Junk N. V., The Hague. pp. 749 pp.
- Harz, H. 1975. The Orthoptera of Europe. II., Dr. W. Junk N. V., The Hague. pp. 939 pp.
- Haskell, P. T. 1970. The future of locust and grasshopper control. *Outlook on Agriculture* **6**(4), pp. 166-174.
- Hassanali, A., Torto, B., 1999. Grasshoppers and Locusts. In Pheromones of non-Lepidopteran insects associated with agricultural plants. CABI Publishing, CAB International, U.K. pp. 305-328
- Heifetz, Y., Voet, H. and Applebaum, S. W., 1996. Factors affecting behavioural phase transition in the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology* **22**, pp. 1717-1734.
- Highman, K. C., Haskell, P. T., 1964. The endocrine systems of isolated and crowded *Locusta* and *Schistocerca* in relation to oocyte growth, and the effects of flying upon maturation. *J. Ins. Physiol.* **10**, pp. 849-864.
- Hochkirch, A., 1999. Notizen zum Frühjahrsaspekt der Heuschreckenfauna bei Porto Covo (Baixo Alentejo, Portugal). *Articulata* **14**(2), pp. 127-144.
- Hutcheson, K., 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *J. Theor. Biol.* **29**, pp. 151-154.
- I.A., 2002. Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Instituto do Ambiente. 79 pp.

- Ingrisch, S. 1982. Orthopterengesellschaften in Hessen. Hessische gaunistische Briefe, 2(3), pp. 38-46. *In* Bellmann, H., Luquet, G., 1995. Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe Occidentale. Delachaux et Niestlé. 383 pp.
- Ingrisch, S., 1986. The plurennial life cycles of the European Tettigoniidae (Insecta: Orthoptera) 2. The effect of photoperiod on the induction of an initial diapause. *Oecologia* **70**, pp. 617-623.
- Islam, M. S., Roessingh, P., Simpson, S. J., McCaffery, A. R., 1994. Effect of population density experienced by parents during mating and oviposition on the phase of hatchling desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Proceedings Royal Society London B* **257**, pp. 93-98.
- Islam, Z., Nahar, L., Karin, A. N. M. R., Quraishi, N., 1996. Egg predation of rice yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* (Walker), by long horned grasshopper, *Conocephalus longipennis* (de Haan), in Bangladesh. *Bangladesh j. entomol.* **6** (1 & 2), pp. 53.60.
- IUCN. 1996. IUCN 1996 Red List of Threatened Animals. Gland, Switzerland: IUCN.
- IUCN. 2002. Red List of Threatened Species. Hilton - Taylor, C. (Compiler). IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. www.redlist.org/search/search.orthoptera. 30-05-2002.
- Joern, A., 2000. What are the consequences of non-linear ecological interactions for grasshopper control strategies? *In* Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A, Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 131-144.
- Karlson, P., Luscher, M., 1959. Pheromones: a new term for a class of biologically active substances. *Nature* **183**, pp. 55-56.
- Kindvall, O., 1995. The impact of extreme weather on habitat preference and survival in a metapopulation of the bush cricket *Metrioptera bicolor* Philippi (Orthoptera: Tettigoniidae). *Biological Conservation* **73**, pp. 51-58.
- Kindvall, O., 1996. Habitat heterogeneity and survival in a bush cricket metapopulation. *Ecology* **77**(1), pp. 207-214.
- Kindvall, O., Ahlén, I., 1992. Geometric Factors and Metapopulation Dynamics of the Bush Cricket, *Metrioptera bicolor* Philippi (Orthoptera: Tettigoniidae). *Conservation Biology* **4**, pp. 520-529.
- Kisbenedek, T., Báldi, A., 2000. What factors govern orthopteran community structure and species prevalence? *In* Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A, Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 97-107.
- Kotze, D. J., 1999. Support for the Multi-taxa Approach in Biodiversity Assessment, as Shown by Epigeaic Invertebrates in an Afrotropical Forest Archipelago. *Journal of Insect Conservation* **3**(2), pp. 125-143.
- Koutsaftikis, A., 1990. Geographische Verbreitung europäischer Thaumetopoea - Arten, insbesondere in Griechenland, und ihre Wirtspflanzen. Proc. Thaumetopoea-Symposium, Neustadt/Rbge near Hannover, pp. 8-11.
- Krall, S., 1994. Importance of locusts and grasshoppers for African agriculture and methods for determining crop losses. *In* New trends in locust control. Krall, S. Wilps, H. (eds). Schriftenreihe n° 245. Eschborn: GTZ.7-22. pp. 7-22.
- Lamy, M., 1990. Contact dermatitis (erucism) produced by processionary caterpillars (Genus *Thaumetopoea*). *J. Appl. Ent.* **110**, pp. 425-437.

- Landolt, P. J., Phillips, T. W., 1997. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* **42**, pp. 371-391.
- Lange, A. B., Laughton, B. C., 1985. An oviposition-stimulating factor in the male accessory reproductive gland of locust, *Locusta migratoria*. *Gen. Comp. Endocrin* **57**, pp. 208-215.
- Langewald, J., Ouambana, Z., Mamadou, A., Peveling, R., Stols, I., Bateman, R., Attignon, S., Blandford, S., Arthurs S., Lomer, C., 1999. Comparison of an organophosphate insecticide with a mycoinsecticide for the control of *Oedaleus senegalensis* (Orthoptera: Acrididae) and other Sahelian grasshoppers at an operational scale. *Biocontrol Science and Tecnology* **9**, pp. 199-214.
- Latchininsky, A. V., 1998. Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815): a faunistic rarity or an important economic pest? *Journal of Insect Conservation* **2**(3), pp. 167-178.
- Launois-Luong, M. H. e Lecoq, M., 1988. Une nouvelle invasion du Criquet pèlerin, *Agrotrop* **112**, pp. 83-95.
- Lauga, J., Hatte, M., 1977. Propriétés gregarizantes acquises par le sable dans lequel ont pondu à de nombreuses reprises des femelles grégaires de *Locusta migratoria migratoroides* R. & F. (Orthoptera, Acrididae). *Acrida* **6**(4), pp. 307-311.
- Lauga, J., Hatte, M., 1978. L'activité grégariante du sable de ponte chez *Locusta migratoria*: action sur le comportement et la reproduction des individus. *Ann. Sci. Naturelles Zool. Paris* **20**, pp. 37-52.
- Laxton, R. R., 1978. The measure of diversity. *J. Theor. Biol.* **70**, pp. 51-67.
- Lecoq, M., 1991. Le Criquet pèlerin. Enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la biomodélisation. In La lutte anti-acridienne. Essaid A. (eds.) AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, pp. 71-98.
- Lecoq, M., 1998. Lutte contre les invasions acridiennes: les leçons du (mauvais) exemple malgache. *Marchés Tropicaux* **2741**, pp. 1094-1095.
- Lecoq, M., 2000. How can acridid population ecology be used to refine pest management strategies? In Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A, Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 109-129.
- Llorente del Moral, V., Prensa Asensio, J. J., 1997. Los Pamphagidae de la Peninsula Iberica (Insecta: Orthoptera; Caelifera) Universidad de Murcia. 248 pp.
- Llorente, V., Prensa, J. J., 1981. Los Tetrigidae de la Peninsula Iberica. *Eos, Madrid* **57**, pp. 127-152.
- Lock, K. 1999. Contribution to the knowledge of Portuguese grasshoppers. *Boln. Asoc. esp. Entom.* **23** (1-2), pp. 315-324.
- Lockwood, J. A., 1997. Grasshopper population dynamics: a prairie perspective. In Bionomics of Grasshoppers, Katydid and their Kin. S. K. Gangwere, M. C. Muralirangan and M. Muralirangan, eds., pp. 103-127.
- Lockwood, J. A., De Brey, L. D., 1990. A solution for the sudden and unexplained extinction of the Rocky Mountain grasshopper (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Ecology* **19**, pp. 1194-1205.
- Lockwood, J. A., Latchininsky, A. V., Sergeev, M. G., 2000. Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshopper Outbreaks without Risking Environmental Disaster.

- Lockwood, Latchininsky, Sergeev (eds.). Kluwer Academic Publishers. 221 pp.
- Loher, W., 1960. The chemical acceleration of the maturation process and its hormonal control in the male of the desert locust. *Proc. Royal Soc B* **153**, pp. 380-397.
- Loher, W. 1990. Pheromones and their role in phase transformation in locusts. *In* The biology of grasshoppers. Joern A. (eds.), Chapman R. F. New York: Wiley. pp. 45-53.
- Lomer, C. J., Bateman, R. P., Dent, D., De Groot, H., Douro-Kpindou, O. -K., Kooyman, C., Langewald, J., Ouambama, Z., Peveling, R., Thomas, M., 1999. Development of strategies for the incorporation of biological pesticides into the integrated management of locusts and grasshoppers. *Agricultural and Forest Entomology* **1**, pp. 71-88.
- Lomer, C. J., Bateman, R. P., Jonson, D. L., Langewald, J., Thomas, M., 2001. Biological Control of Locusts and Grasshoppers. *Annu. Rev. Entomol.*, **46**. pp 667-702.
- Luquet, G. C., 1992 a. Chorologie des groupements d'Acridiens du Mont Ventoux (Vaucluse) en fonction de l'étagement de la végétation (Orth. Caelifera Acridoidea). *Entomologica gallica*, **3**(1), pp. 33-48.
- Mabelis, A. A., Griffioen, R., Schröder, R. J. H., van Wingerden, W. K. R. E., 1994. Grasshoppers in heathland fragments surrounded by woodland. *Proc. Exper. & Appl. Entomol.* **5**, pp. 115-121.
- McCaffery, A. R., Simpson, S. J., Islam, M. S., Roessingh, P., 1998. A gregarizing factor present in the egg pod foam of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *The Journal of Experimental Biology* **201**, pp. 347-363.
- Magalhães Silva, G., 1946. A recente praga de gafanhotos. *Rev. Agron.* **33**:4.
- Magurran, A. E., 1988. Ecological Diversity and its Measurement. Chapman & Hall, New York, London. 167 pp.
- Mahamat, H., Hassanali, A., Odongo, H., Torto, B., El-Bashor. E., 1993. Studies on the maturation-accelerating pheromone of the desert locusts *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). *Chemoecology* **4**, pp. 159-164.
- MAOT. 2001. Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. 84 pp.
- Martinho, A. P. 1999. Utilização da fauna Portuguesa de Saltatoria como bioindicadores de poluição de habitats. Tese de Mestrado em Engenharia Sanitária, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 147 pp.
- Martinho, A. P., Santos, T., Paiva, M. R., 1995. Role of male-female stimulation in the bioecology of *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F.). *Avances en Entomologia Ibérica*. pp. 421-430.
- Masutti, L., Battisti, A., 1990. *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) in Italy: Bionomics and perspectives of integrated control. *J. Appl. Ent.* **110**, pp. 229-234.
- May, R. M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. *In* Ecology and Evolution of Communities (eds M. L. Cody and J. M. Diamond), Harvard University Press, Cambridge. pp. 81-120.
- McCaffery, A. R., Simpson, S. J., Islam, M. S., Roessingh, P., 1998. A gregarizing factor present in the egg pod foam of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *The Journal of Experimental Biology* **201**, pp. 347-363.
- MCOTA a., 2001. Programa Nacional para as Alterações Climáticas. Comissão para as

Alterações Climáticas. 79 pp.

MCOTA b., 2002. Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável. Instituto do Ambiente. 71 pp.

Niassy, A., 1997. Interaction between *Schistocerca gregaria* (Forsk.) and *Locusta migratoria migratorioides* (Reich & Farmaire) in relation to phase polymorphism. PhD thesis, University of Ghana, Legon, Ghana. In Grasshoppers and Locusts. Hassanali, A., Torto, B. (1999). Pheromones of non-Lepidopteran insects associated with agricultural plants. Jim Hardie & Albert K. Minks. CABI Publishing, CAB International, U.K.

Niassy, A., Torto, B., Njagi, P. G. N., Hassanali, A., Obeng-Ofori, D., Ayertey, J. N., 1999. Intra- and interspecific aggregation responses of *Locusta migratoria migratorioides* and *Schistocerca gregaria* and a comparison of their pheromone emissions. *Journal of Chemical Ecology* **25(5)**, pp. 1029-1042.

Nolte, D. J. 1963. A pheromone for melanization of locusts. *Nature* **200**, pp. 660-661.

Nolte, D. J. 1976. Locustol and its analogues. *J. Insect. Physiol.* **22**, pp. 833-838.

Nolte, D. J., May, I. R., Thomas, B. M., 1970. The gregarization pheromone of locusts. *Chromosoma* **29**, pp. 462-473.

Nolte, D. J., Eggers, S. H., May, I. R., 1973. A locust pheromone: Locustol. *J. Insect. Physiol.* **19**, pp. 1547-1554.

Norris, M. J., 1950. Reproduction in the migratory locust (*Locusta migratoria migratorioides* R. & F.) in relation to density and phase. *Anti-Locust Bull.* **6**, pp. 1-48.

Norris, M. J., 1963. Laboratory experiments on gregarious behavioural in ovipositing females of the desert locust (*Schistocerca gregaria* (Forsk.)). *Entomologia Experimentalis et Applicata* **6**, pp. 279-303.

Norris, M. J. 1964. Accelerating and inhibiting effects of crowding on sexual maturation in two species of locusts. *Nature* **203**, pp. 784-785.

Norris, M. J., 1970. Aggregation response in ovipositing females of the desert locust, with special reference to the chemical factor. *J. Insect. Physiol.* **16**, pp. 1493-1515.

Obeng-Ofori, D., Torto, B. and Hassanali, A., 1993. Evidence for mediation of two releaser pheromones in aggregation behaviour of the gregarious desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology* **19**, pp. 1665-1676.

Obeng-Ofori, D., Njagi, P. G. N., Torto, B., Hassanali, A., Amiani, H., 1994a. Sex differentiation studies relating to releaser aggregation pheromones of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **73** (1), pp. 85-91.

Obeng-Ofori, D., Torto, B., Njagi, P. G. N., Hassanali, A. and Amiani, H., 1994b. Fecal volatiles as part of the aggregation pheromone complex of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology* **20**, pp. 2077-2087.

OCDE, 2001. *Environmental Outlook*. Organisation for Economic Co-Operation and Development. France.

Ohabuiké, J. E., 1979. Grass availability and food preference of the African migratory locust, *Locusta migratoria migratorioides*. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **88**, pp. 354-363.

Onsager, J. A., Olfert, O., 2000. What tools have potential for grasshopper pest management? In Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without

- Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A., Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 145-156.
- Onyeocha, F. A., Fuzeau-Braesch, S., 1990. Comparative toxicity of some synthetic insecticides, and a growth inhibitor, in the migratory locust, *Locusta migratoria*. *Comp. Biochem. Physiol* **100**(3), pp. 361-363.
- Osuna, E. V., Ledesma, J. M., Aldebis, H. K., Alvarez, C. S., 1994. Patógenos y parásitos para el control de la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* (D. Y Schiff.) (Lep.: Notodontidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **20**, pp. 511-515.
- Paiva, M. R. 1997. Potential for the use of semiochemicals against *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F) In *New Strategies in Locust Control*. S. Krall, R. Peveling and D. Ba Diallo, Birkhauser Verlag Basel /Switzerland. pp. 293-303.
- Paiva, M. R. & Martinho, A. P., 1992. Feromonas de gafanhotos africanos: o estado da arte. *Bol. Soc. port. Ent. suplemento nº 3*, pp. 437-447.
- Payne, L. T., 1974. Pheromone perception In *Pheromones*. M. Birch, Amsterdam. pp. 35-61.
- Pener, M. P., 1990. Endocrine effects on locust phase change: basic and applied aspects. *Bol. San. Veg. Plagas* **20**, pp. 39-55.
- Pener, M. P., 1991. Locust phase polymorphism and its endocrine relations. *Advances in Insect Physiology* **23**, pp. 1-79.
- Pener, M. P., Yerushalmi, Y., 1998. The physiology of locust phase polymorphism: an update. *Journal of Insect Physiology* **44**, pp. 365-377.
- Percy J. E., Weatherston, J., 1974. Gland structure and pheromone production in insects, In *Pheromones*. M. Birch. pp. 11-34.
- Pérez, V. C., Ghia, C. A., Guadalajara, M., 1997. Método pontual en la lucha contra la procesionaria. I Congreso Florestal Hispano Luso.
- Pfau, H. K. 1996. Untersuchungen zur Bioakustik und Evolution der Gattung *Platystolus* Bolivar (Ensifera, Tettigoniidae). *Tijdschrift voor Entomologie* **139**, pp. 33-72.
- Pickett, J. A., Wadhams, L. J., Woodcock, C. M., 1997. Developing sustainable pest control from chemical ecology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **64** (2), pp. 149-156.
- Pielou, E. C., 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology* Wiley, New York.
- Pielou, E. C., 1975. *Ecological Diversity* Wiley, New York.
- Pinedo, C., 1985. Los Tettigoniidae de la Peninsula Iberica, España insular e norte de Africa. IV. Subfamilia Saginae Stål, (Orthoptera). *Graellsia* **12**, pp. 167-172.
- Popov, G. B., Wood, T. G., Haggis, M. J., 1984. Insect pests of the Sahara. In *Key environments. Sahara Desert*. Cloudsley-Thompson, J. L. (ed). Oxford, pp. 145-171.
- Presá, J. J., 1979. *Mioscirtus wagneri maghrebi* Fernandes in the Iberian Peninsula (Orthoptera: Oedipodinae). *Entomol. Berichten*. **39**, pp. 189-190.
- Price, R. E., 1991. Ovi position by the African migratory locust, *Locusta migratoria migratorioides*, in a crop environment in South Africa. *Entomol. Exp. Appl.* **61**, pp. 169-177.
- Quartau, J. A., 1988. Os insectos e o homem. Colóquio/Ciências, *Fundação Calouste Gulbenkian* **1**, pp. 58-69.

- Quartau, J. A. & Luna de Carvalho, E., 1998. Contribuição para o melhor conhecimento dos insectos em Portugal: chaves para a determinação das Ordens. *Museu Bocage, museu nacional de história natural. Publicações Avulsas*, 2ª Série, nº 5, pp. 5-24.
- Ragge, D. R. & Reynolds, W. J., 1998. The songs of the grasshoppers and crickets of Western Europe. Hartley Books, Colchester, Essex, England. 591 pp.
- Rai, M. M., Hassanali, A., Saini, R. K., Odongo, H., Kahoro, H., 1997. Identification of components of the oviposition aggregation pheromones of the gregarious desert locusts, *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *J. Insect Physiol.* **43(1)**, pp. 83-87.
- Reaka-Kudla, M., Wilson, D. O., & Wilson E. O. (eds.), 1997. Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources. J. Henry Press, Washington.
- Renou, M., Guerrero, A., 2000. Insect Parapheromones in Olfaction Research and Semiochemical-Based Pest Control Strategies. *Annu. Rev. Entomol.* **48**, pp. 605-630.
- Riede, K. 1998. Acoustic monitoring of Orthoptera and its potential for conservation. *Journal of Insect Conservation* **2(3)**, pp. 217-223.
- Rodrigues, E. B., 2002. Interações Produtividade/ Fitófagos para o Ecossistema Pinhal. Tese de Doutorado em Engenharia do Ambiente, Especialidade em Sistemas Naturais, pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 208 pp.
- Roessingh, P., Simpson, S. J., 1994. The time –course of behavioural phase change in nymphs of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Physiological Entomology* **19**, pp. 191-197.
- Roessingh, P., Bouaichi, A., Simpson, S. J., 1998. Effects of sensory stimuli on the behavioural phase stat of the desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Physiology* **44**, pp. 883-893.
- Roffey, J., 1994. The characteristics of early desert locust upsurges. Pages 55-61 in: van Huis A (ed) Desert locust control with existing techniques: an evaluation of strategies. Proceedings of the seminar held in Wageningen, The Netherlands, 6-11 Decembre 1993. Wageningen Agricultural University, pp. 37-44 In Voss, F. and Dreiser, U. (1994). Mapping of desert locust habitats using remote sensing techniques. In Krall, S. Wilps, H. (eds) New trends in locust control. Schriftenreihe nº 245. Eschborn: GTZ.
- Rogers, S. M. and Simpson, S. J., 1997. Experience-dependent changes in the number of chemosensory sensilla on the mouthparts in a antennae of *Locusta migratoria*. *The Journal of Experimental Biology* **200**, pp. 2313-2321.
- Roversi, P. F., 1985. Osservazioni sull'impiego di trappole a feromone sessuale di *Thaumetopoea pityocampa* (Den. e Schiff.) sul Promontorio del Gargano (Lepidoptera, Thaumetopoeidae). *Redia* **68** (3), pp. 1-17.
- Rowell, C. H. F., 1971. The variable coloration of the acridoid grasshoppers. *Adv. Insect Physiol.* **8**, pp. 145-198.
- Rowell, C. H. F., 1998. The grasshoppers of Costa Rica: a survey of the parameters influencing their conservation and survival. *Journal of Insect Conservation* **2(3)**, pp. 225-234.
- Saini, R. K., Rai, M. M., Hassanali, A., Wawiye, J. and Odongo, H., 1995. Semiochemicals from froth of egg pods attract ovipositing female *Schistocerca gregaria*. *Journal of Insect Physiology* **41**, pp. 711-716.
- Samways, M. J. 1989b. Insect Conservation and Landscape Ecology: A Case-history of Bush Crickets (Tettigoniidae) in Southern France. *Environmental Conservation* **16**, pp. 217-226.
- Samways, M. J., 1997. Conservation biology of Orthoptera, *In* Bionomics of Grasshoppers,

- Katydids and their Kin. S. K. Gangwere, M. C. Muralirangan and M. Muralirangan, eds. pp. 481-496.
- Samways, M. J., Sergeev, M. G., 1997. Orthoptera and Landscape Change, *In* Bionomics of Grasshoppers, Katydids and their Kin. S. K. Gangwere, M. C. Muralirangan and M. Muralirangan, eds. pp. 147-162.
- Samways, M. J., Lockwood, J. A., 1998. Orthoptera conservation: pests and paradoxes. *Journal of Insect Conservation* **2**, pp. 143-149.
- Sanyang, S., Van Emden, H. F., 1996. The combined effects of the fungus *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal and the insecticide cypermethrin on *Locusta migratoria migratorioides* (Reiche & Fairmaire) in the laboratory. *International Journal of Pest Management*, **42(3)**, pp. 193-187.
- Schaalje, G. B., Johnson, D. L., Van Der Vaart, H. R., 1992. Application of Competing Risks Theory to the Analysis of Effects of *Nosema locustae* and *N. cuneatum* on Development and Mortality of Migratory Locust. *Environmental Entomology* **21(5)**, pp. 939-948.
- Scherer, R., Rakotonandrasana, M. A., 1993. Barrier treatment with a benzoyl urea insect growth regulator against *Locusta migratoria capito* (Sauss) hopper bands in Madagascar. *International Journal of Pest Management*, **39(4)**, pp. 411-417.
- Schmidt, G. H., 1970. Insekten als Indikatoren des Mikroklimas. *Naturwissenschaft und Medizin* **7(15)**, pp. 41-50.
- Schmidt, G. H., 1989. Faunistische Untersuchungen zur Verbreitung der Saltatoria (Insecta: Orthopteroidea) im toscano-romagnolisches Apennin. *Redia* **LXXII(1)**, pp. 1-115.
- Schmidt, G. H., 1990a. Life cycles of *Thaumetopoea* species distributed in different regions of Europe, North Africa and near East. Proc. Thaumetopoea-Symposium, Neustadt/Rbge near Hannover. pp. 20-34.
- Schmidt, G. H., 1990b. The egg-batch of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae): Structure, hatching of the larvae and parasitism in southern Greece. *J. Appl. Ent.* **110**, pp. 217-228.
- Schmidt, G. H., 1996a. Biotopmässige Verteilung und Vergesellschaftung der Saltatoria (Orthoptera) im Parco Nazionale del Circeo, Lazio, Italien. *Dtsch. ent. Z.* **43(1)**, pp. 9-75.
- Schmidt, G. H., 1996b. Notes on the effect of population density and parthenogenesis in hopper colouration of the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Saltatoria, Acridoidea). *Fragmenta Entomologica*, Roma, **27(2)**, pp. 273-287.
- Schmidt, G. H., 2000. Ein Beitrag zur Orthopterenfauna der spanischen Pyrenäen. *Articulata* **15(2)**, pp. 131-162.
- Schmidt, G. H., 2001. Einfluss der Populationsdichte adulter *Locusta migratoria cinerascens* auf Verhalten, Reproduktion und Morphologie von Folgegenerationen (Caelifera: Acrididae). *Entomol. Gener.* **25(3)**, pp. 205-218.
- Schmidt, G. H., Schach, G., 1978. Biotopmässige Verteilung und Vergesellschaftung der Saltatoria in der Umgebung des Neusiedlersees. *Zool. Beitr. N. F.* **24(2)**, pp. 201-308.
- Schmidt, G. H., Albütz, R., 1994. Laboratory studies on pheromones and reproduction in the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *J. Appl. Ent.* **188**, pp. 378-391.
- Schmidt, G. H., Albütz, R., 1996. Cross-breeding of two subspecies of *Locusta migratoria* (L.) and analysis of numerical variations of various geographical populations. *Boll. Lab. Ent. Agr. Filippo Silvestri* **52**, pp. 13-26.

- Schmidt, G. H., Lilge, R., 1996. Geographische Verbreitung der Oedipodinae (Orthopteroidea, Caelifera, Acrididae) in Europa und Randgebieten mit Hinweisen zur Ökologie und Biologie Verlag Dr. Kovac, Hamburg. 149 pp.
- Schmidt, G. H., Albütz, R., 1999. Identification of solitary and gregarious populations of the desert locust, *Schistocerca gregaria*, by experimental breeding (Caelifera: Acrididae). *Entomol. Gener.* **24(3)**, pp. 161-175.
- Schmidt, G. H., Martinho, A. P., Paiva M. R., em publicação. The Saltatoria fauna of Portugal: new records and biogeographical aspects.
- Seabra, A. F., 1942. Contribuição para o inventário da fauna lusitânica insecta, Orthoptera (Saltatoria, Phasmida, Dermaptera, Blattaria e Montodea). 26 pp.
- Sergeev, M. G., 1997. Ecogeographical distribution of Orthoptera. *In* Bionomics of Grasshoppers, Katydid and their Kin. S. K. Gangwere, M. C. Muralirangan and M. Muralirangan, eds., pp. 129-146
- Sergeev, M. G., 1998. Conservation of orthopteran biological diversity relative to landscape change in temperate Eurasia. *Journal of Insect Conservation* **2(3)**, pp. 247-252.
- Serfeev, M. G., Denivosa, O. V., Vanjkova, I. A., 2000. How do spatial population structures affect acridid management? *In* Grasshoppers and Grassland Health. Managing Grasshoppers Outbreaks without Risking Environmental Disaster. Lockwood, J. A, Latchininsky A. V., Sergeev, M. G. (eds.). Kluwer Academic Publishers. pp. 71-87.
- Sharma, J. R., Radhakrishnan, K., 1992. Monitoring locust breeding grounds using satellite remote sensing in the Indian desert. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS); American Congress on Surveying and Mapping; and American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS).
- Shorey, H. H., 1974. Environmental and physiological control of insect sex pheromone behavior. *In* Pheromones. M. Birch. pp. 62-80.
- Showler, A. T., Potter, C. S., 1991. Synopsis of the 1986-1989 desert locust (Orthoptera: Acrididae) plague and the concept of strategic control. *Amer. Entomol.* **37**, pp. 106-110.
- Smith, R. L., Smith, T. M., 2000. Elements of Ecology (4th Edition). Benjamin / Cummings Science Publishing. 567 pp.
- Sokal, R., Rohlf, F. J., 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research (3rd Edition). W. H. Freeman and Company, New York. 887 pp.
- Southwood, T. R. E., 1978. Ecological Methods. Chapman and Hall, London.
- Stauffer, T. W., Whitman, D. W., 1997. Grasshopper oviposition. *In* Bionomics of Grasshoppers, Katydid and their Kin. S. K. Gangwere, M. C. Muralirangan and M. Muralirangan, eds., pp. 231-280.
- Stewart, D. A. B., 1998. Non-target grasshoppers as indicators of the side-effects of chemical locust control in the Karoo, South Africa. *Journal of Insect Conservation* **2(3)**, pp. 263-276.
- Têtefort, J., 1969. Les sauterelles migratrices et les recherches acridiennes à Madagascar. *Bulletin de Madagascar* **280-281**, 31 pp.
- Têtefort, J. P. & Wintrebert, D., 1966. Effects édaphique et biotique de l'inversion pluviométrique des saisons, important facteur de population des acridiens migrants dans le Soud-Ouest Malgache. *Entomophaga* **11**, pp. 305-310.

- Thomas, J. G., 1970. Probable pheromone-secreting cells in the epidermis of mature males of *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera, Acrididae). *Proc. Roy. Entomol. Soc. London Ser. A* **45**, pp. 125-135.
- Tiberi, R., Niccoli, A., 1984. Osservazioni pluriennali sull'impiego di trappole com il feromone sessuale di *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera, Thaumetopoeidae). *Redia* **LXVII**, pp. 129-144.
- Torto, B., Obeng-Ofori, D., Njagi, P. G. N., Hassanali, A. and Amiani, H., 1994. Aggregation pheromone system of adult gregarious desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology* **20**, pp. 1749-1762.
- Torto, B., Njagi, P. G. N., Hassanali, A. and Amiani, H., 1996. Aggregation pheromone system of nymphal gregarious desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Chemical Ecology* **22**, pp. 2273-2281.
- Torto, B., Assad, Y. O. H., Njagi, P. G. N. and Hassanali, A., 1999. Evidence for additional pheromonal components mediating oviposition aggregation in *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Journal of Chemical Ecology* **25**, pp. 835-845.
- Uvarov, B. P., 1937. Biological and ecological basis of locust phases and their practical application. Fourth Intern. Locust Conference, Cairo, Egypt, Appendix 7: 16 pp.
- Uvarov, B. P., 1951. Locust research and control, 1929-1950. Colonial Research Publication N° 10. London: HMSO. n° 10.
- Uvarov, B. P., 1966. Grasshoppers and locusts. **Vol.1**. Cambridge University Press, Cambridge. 481 pp.
- Uvarov, B. P., 1977. Grasshoppers and locusts. **Vol.2**. Centre for Overseas Pest Research, London. 613 pp.
- Van den Berg, H., Litsinger, J. A., Shepard, B. M., Pantua, P. C., 1992. Acceptance of eggs of *Rivula atimeta*, *Naranga aenescens* (Lep.: Noctuidae) and *Hydrellia philippina* (Dip.: Ephydriidae) by insect predators on rice. *Entomophaga* **37**(1), pp. 21-28.
- Voss, F. and Dreiser, U., 1984. Mapping of desert locust habitats using remote sensing techniques. In *New trends in locust control*. Krall, S. Wilps, H. (eds) Schriftenreihe n° 245. Eschborn: GTZ. pp. 37-44.
- Waldbauer, G., 1996. *Insects through the seasons*. Harvard University Press, Washington.
- Wall, C., 1989. Monitoring and spray timing. In *Insect pheromones in the plant protection*. Ed. By Jutsum, A., R. and Gorden, R. S. F. Chichester: John Wiley & Sons, pp. 39-66.
- Waloff, Z., 1966. The upsurges and recessions of the Desert Locust plague: an historical survey. *Anti-Locust Memoir*, N°8. London: *Anti-locust Research Centre*. **8**.
- Way, M. J., Paiva, M R., Cammell, M. E., 2000. Natural biological control of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* by the argentine ant *Linepithema humile* in Portugal. *Agric. and Forest Entomol.*, **1**, pp 27-31.
- Weidemann, G., Reich, M., Plachter, H., 1996. Influence of roads on a population of *Psophus stridulus* L. 1758 (Saltatoria, Acrididae). *Verh. Gesell. Ökol.* **26**, pp. 259-267.
- Wewetzer, A., Krall, S., Schulz, F. A., 1993. Methods for the assessment of crop losses due to grasshoppers and locust. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges. 54 pp.
- Whitman, D. W., 1990. Grasshopper chemical communication. In: Chapman, R. F. and Joern, A. (eds) *Biology of Grasshoppers*. John Wiley & Sons, New York. pp. 357-391.

- Wilson, E. O. & Peter, F. M. (eds.), 1988. BioDiversity. National Academy Press, Washington. 657 pp.
- Wilson, E. O., 1988. A situação Actual da Diversidade Biológica in Biodiversity, Wilson, E. O. Tradução de Marcos Santos, Ricardo Silveira. Nova Fronteira, 1997. pp. 3-24.
- Wilson, O. E., 1963. Pheromones. *Sci. Amer* **208**, pp. 100-114.
- WWF., 2001. Insight into Europe's Forest Protection. WWF Report. 36 pp.
- Zhang, Q., Paiva, M. R., 1998. Female calling behaviour and male response to the sex pheromone in *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae). *J. Appl. Ent.* **122**, pp. 353-360.

ANEXOS

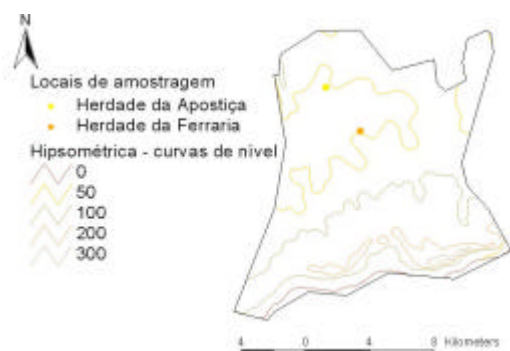


Figura A.1. – Altitude (m) Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

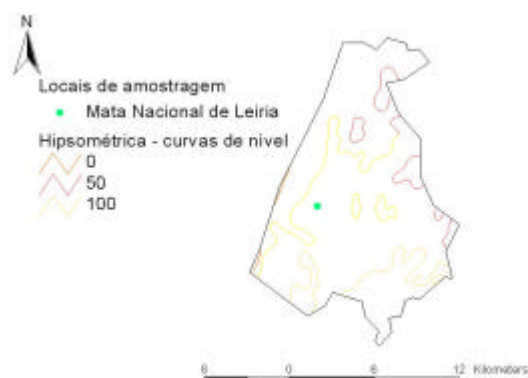


Figura A.2. – Altitude (m) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.3. – Altitude (m) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.4. – Altitude (m) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.5. – Altitude (m) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

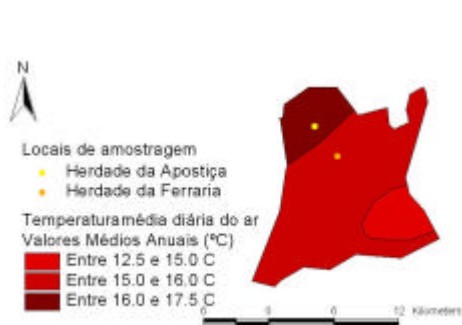


Figura A.6. – Temperatura média anual (°C) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.7. – Temperatura média anual (°C) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.8. – Temperatura média anual (°C) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

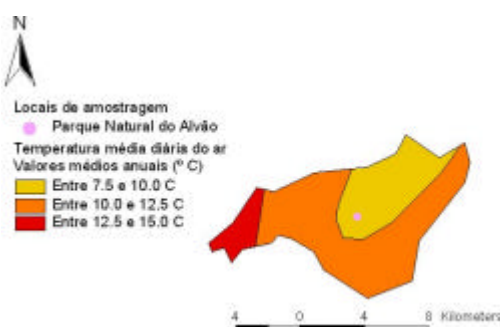


Figura A.9. – Temperatura média anual (°C) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

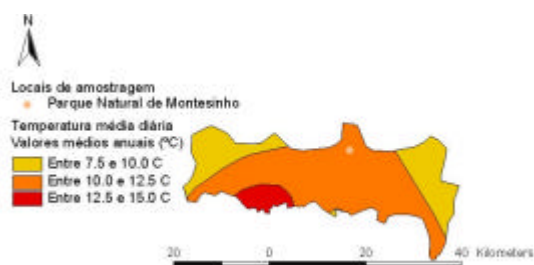


Figura A.10. – Temperatura média anual (°C) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

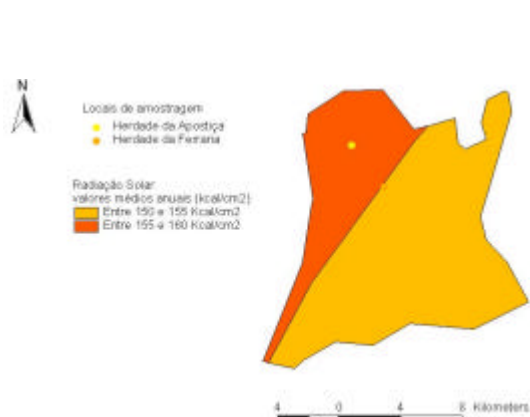


Figura A.11. – Radiação Total (Kcal.cm⁻².ano⁻¹) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

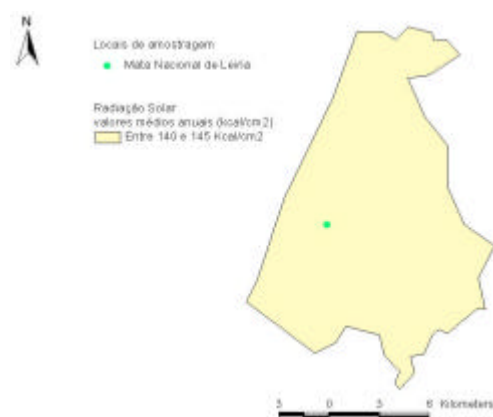


Figura A.12. – Radiação Total (Kcal.cm⁻².ano⁻¹) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

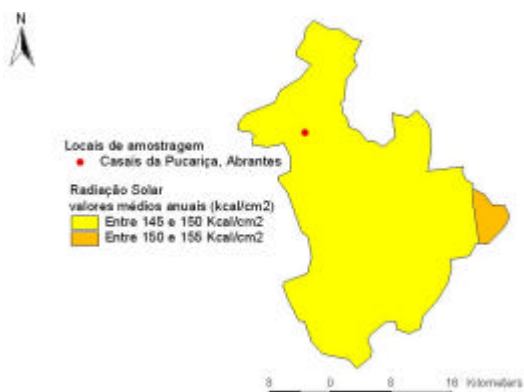


Figura A.13. – Radiação Total (Kcal.cm⁻².ano⁻¹) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

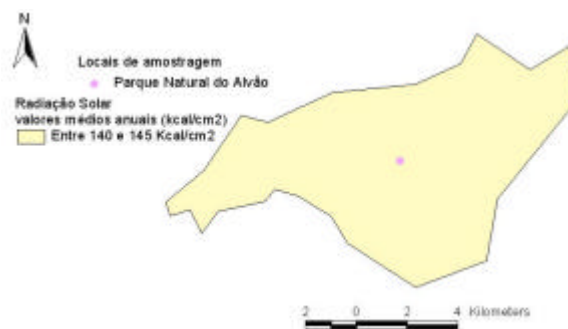


Figura A.14. – Radiação Total (Kcal.cm⁻².ano⁻¹) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

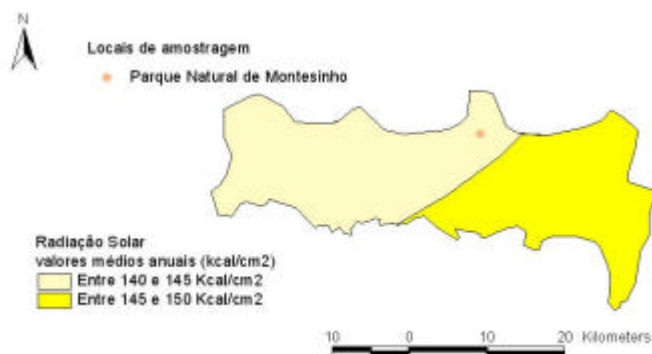


Figura A.15. – Radiação Total (Kcal.cm⁻².ano⁻¹), no Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

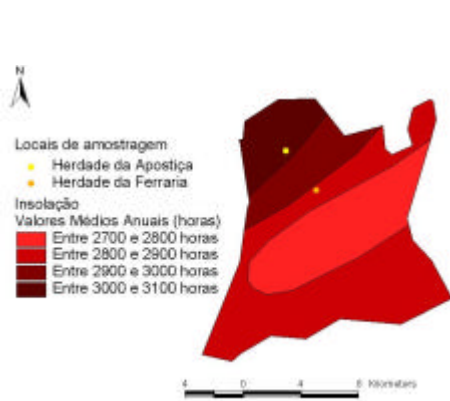


Figura A.16. – Insolação total (nº horas.ano⁻¹) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

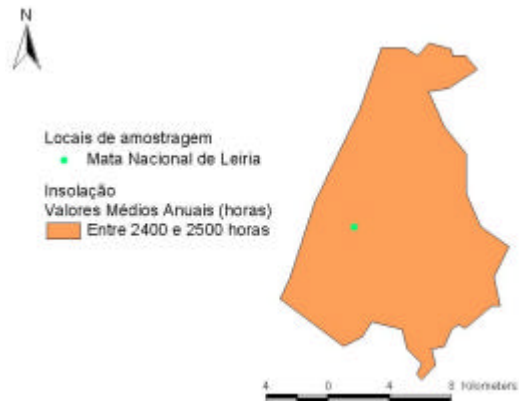


Figura A.17. – Insolação total (nº horas.ano⁻¹) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

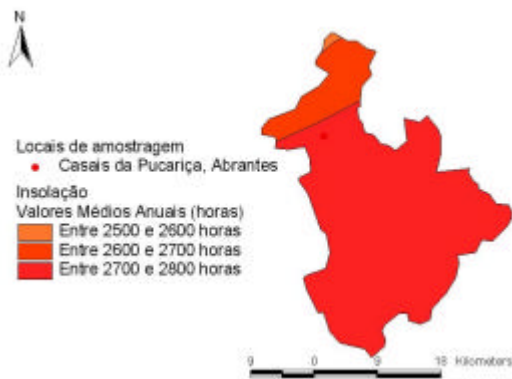


Figura A.18. – Insolação total (nº horas.ano⁻¹) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

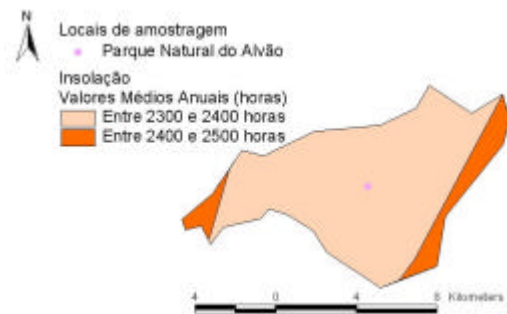


Figura A.19. – Insolação total (nº horas.ano⁻¹) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

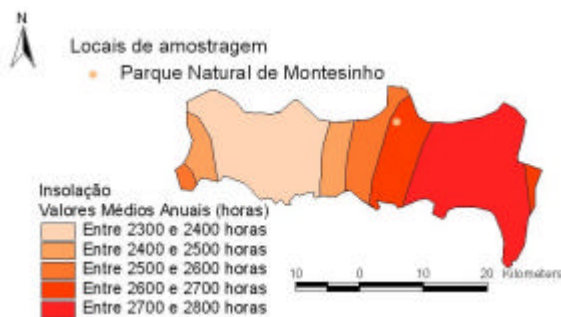


Figura A.20. – Insolação total (nº horas.ano⁻¹) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

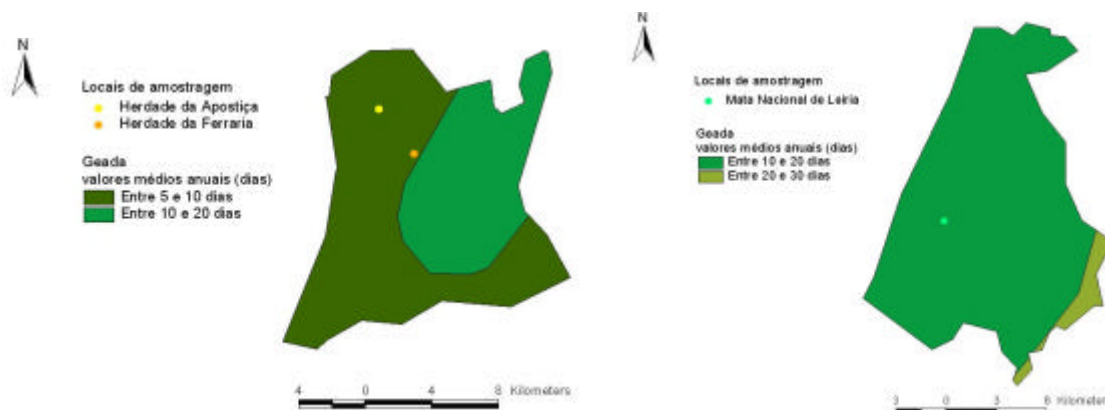


Figura A.21. – Geadas (n° dias.ano $^{-1}$) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente). **Figura A.22.** – Geadas (n° dias.ano $^{-1}$) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

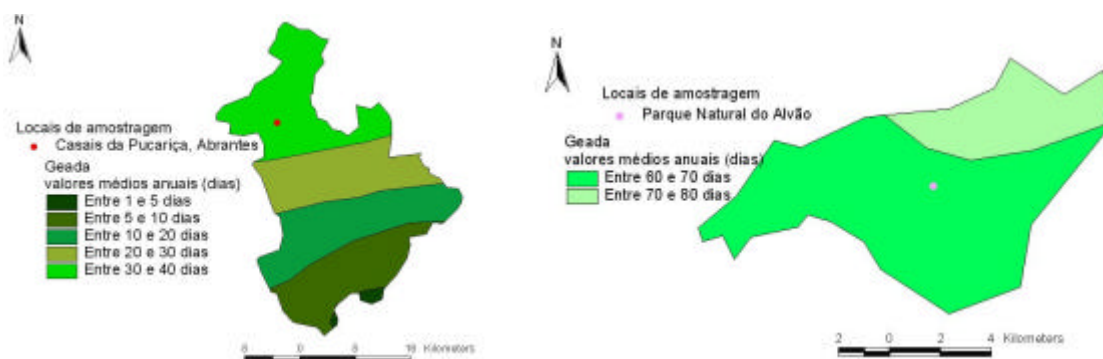


Figura A.23. – Geadas (n° dias.ano $^{-1}$) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente). **Figura A.24.** – Geadas (n° dias.ano $^{-1}$) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.25. – Geadas (n° dias.ano $^{-1}$) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

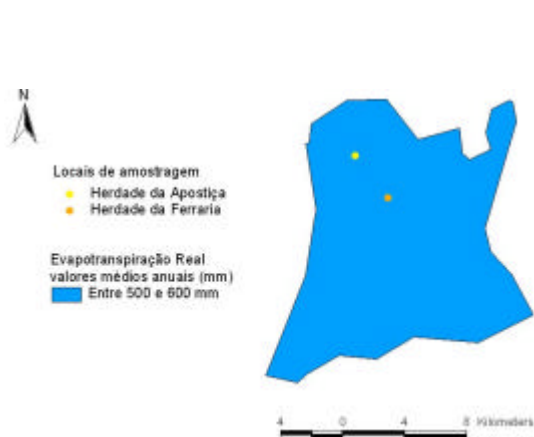


Figura A.26. – Evapotranspiração real (mm) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

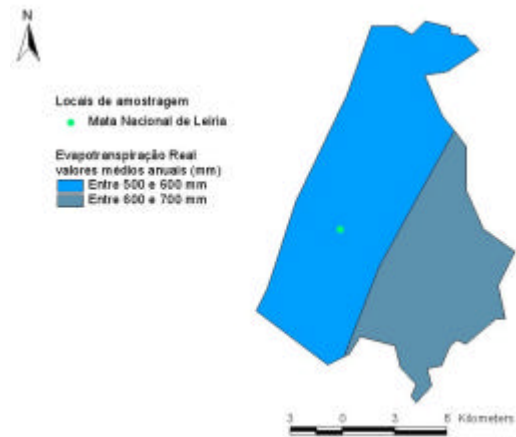


Figura A.27. – Evapotranspiração real (mm) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.28. – Evapotranspiração real (mm) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

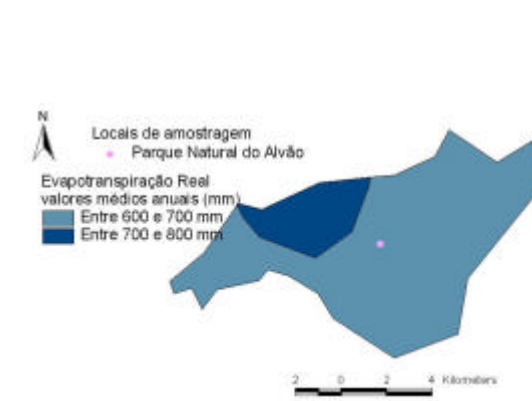


Figura A.29. – Evapotranspiração real (mm) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

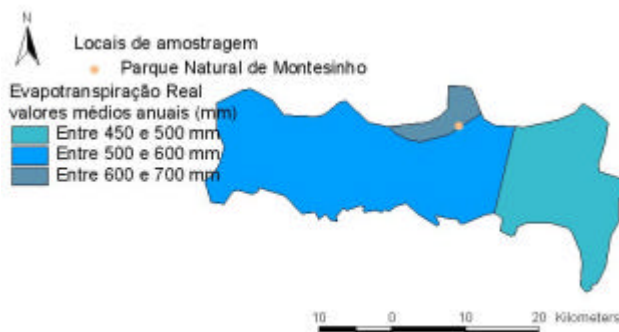


Figura A.30. – Evapotranspiração real (mm) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

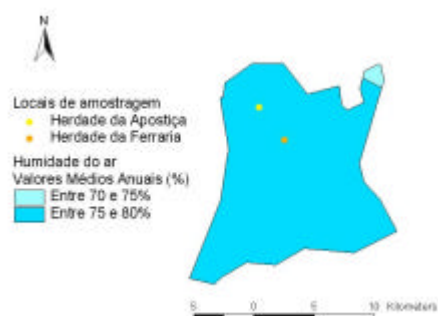


Figura A.31. – Humidade do ar (%) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

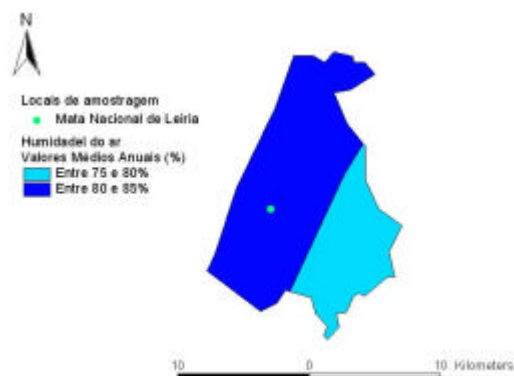


Figura A.32. – Humidade do ar (%) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

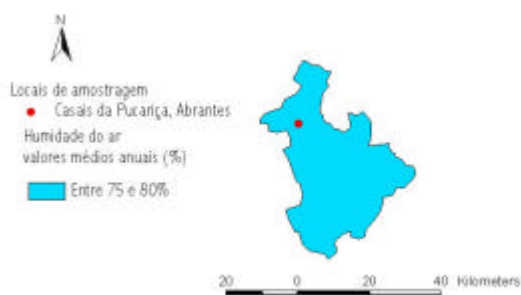


Figura A.33. – Humidade do ar (%) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

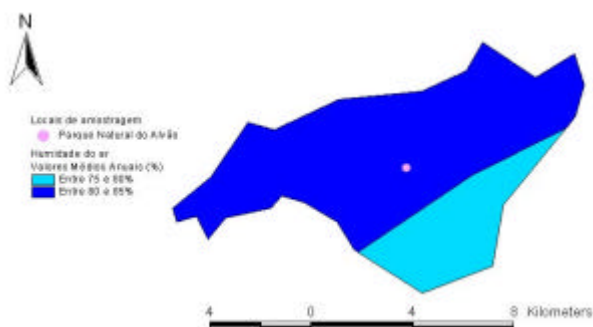


Figura A.34. – Humidade do ar (%) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

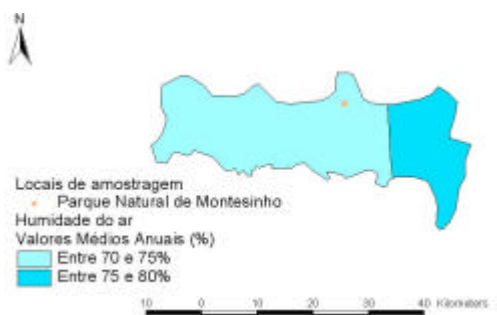


Figura A.35. – Humidade do ar (%) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

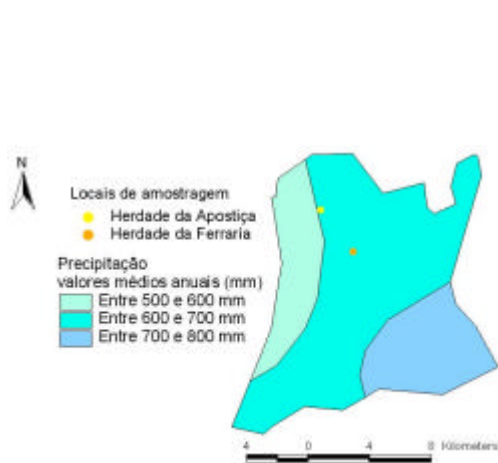


Figura A.36. – Pluviosidade média anual (mm) - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

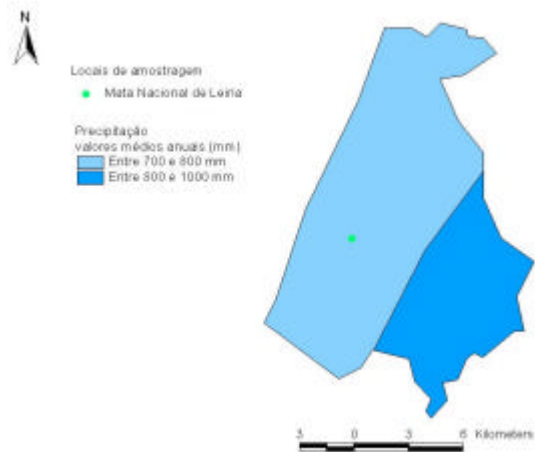


Figura A.37. – Pluviosidade média anual (mm) - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

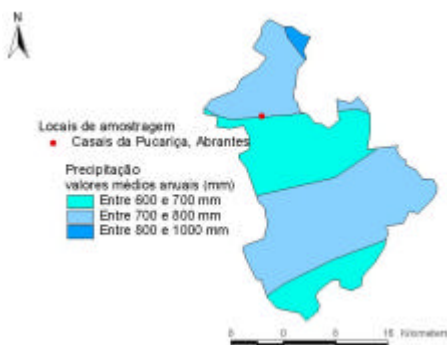


Figura A.38. – Pluviosidade média anual (mm) - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

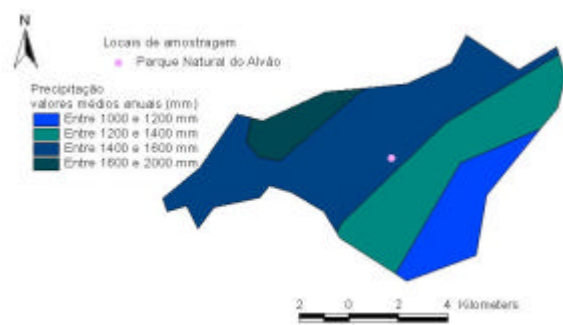


Figura A.39. – Pluviosidade média anual (mm) - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

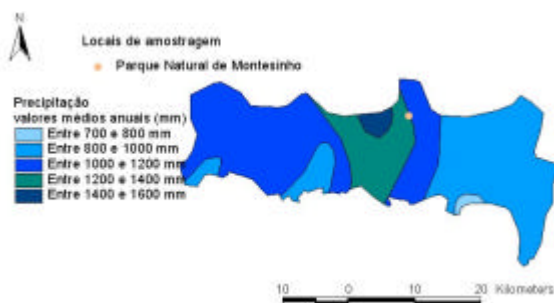


Figura A.40. – Pluviosidade média anual (mm) - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

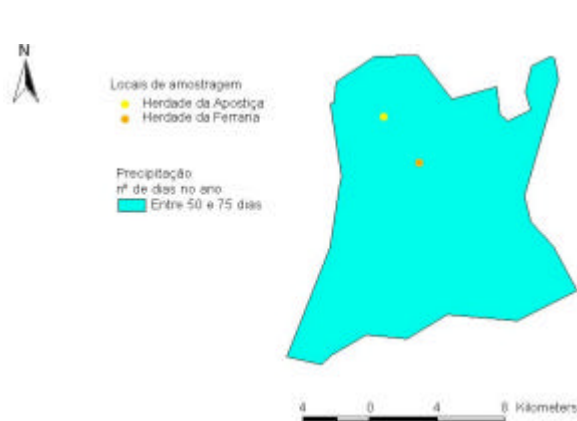


Figura A.41. – Número de dias de chuva - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

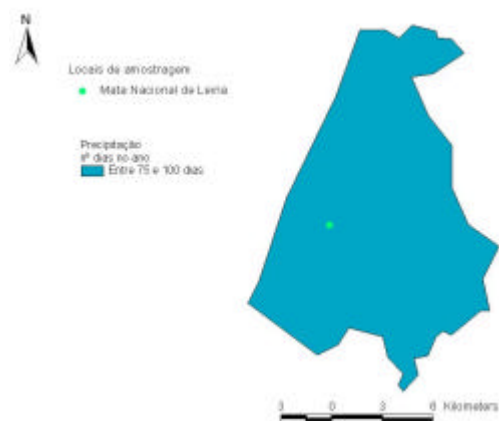


Figura A.42. – Número de dias de chuva - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

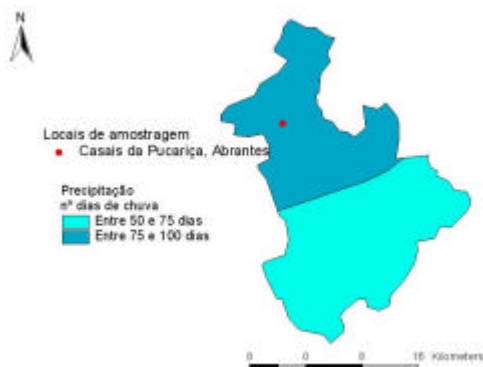


Figura A.43. – Número de dias de chuva - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

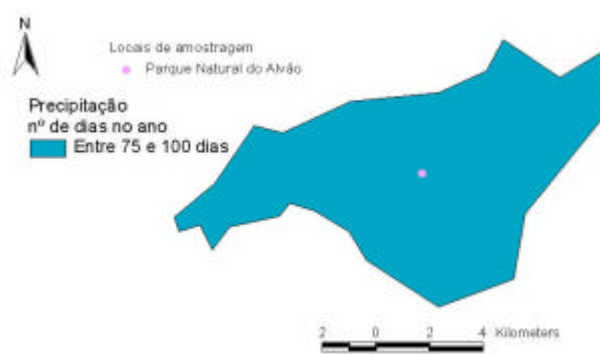


Figura A.44. – Número de dias de chuva - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

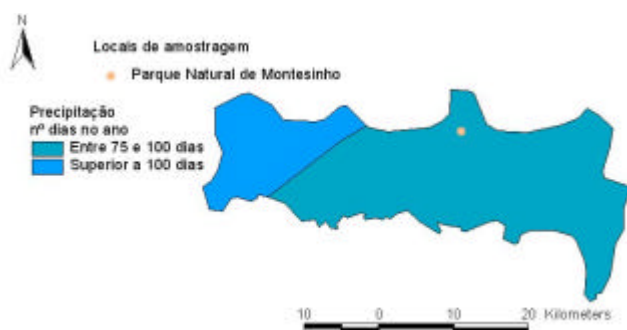


Figura A.45. – Número de dias de chuva - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

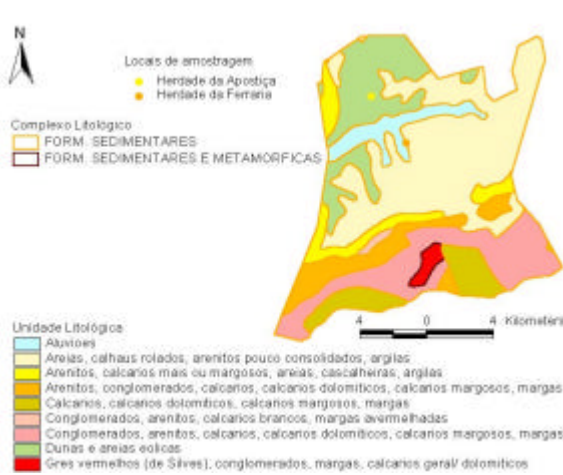


Figura A.46. – Complexo litológico e unidade litológica - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

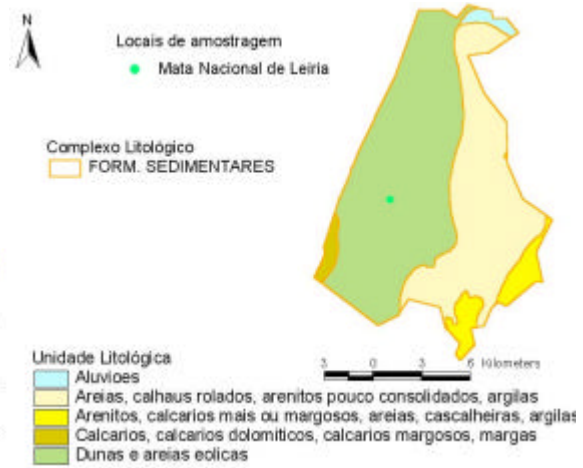


Figura A.47. – Complexo litológico e unidade litológica - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

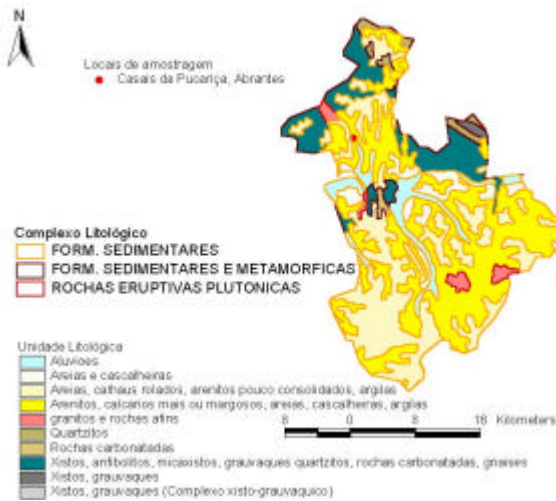


Figura A.48. – Complexo litológico e unidade litológica - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

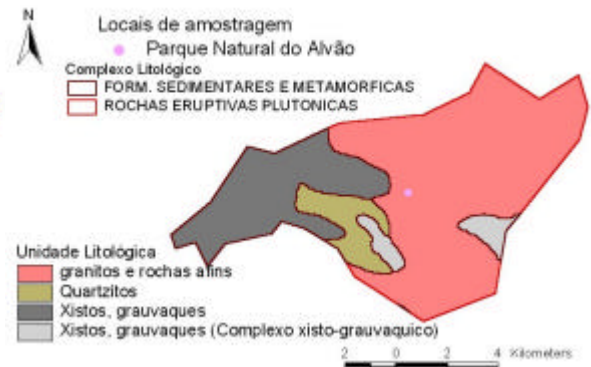


Figura A.49. – Complexo litológico e unidade litológica - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

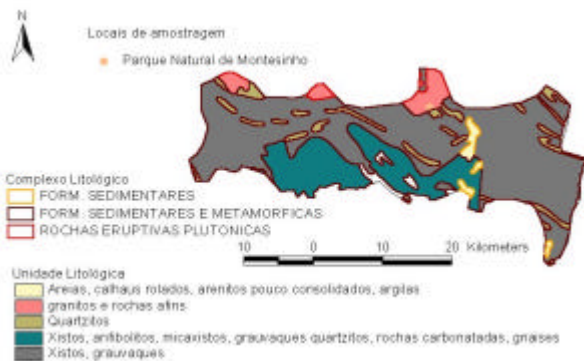


Figura A.50. – Complexo litológico e unidade litológica - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

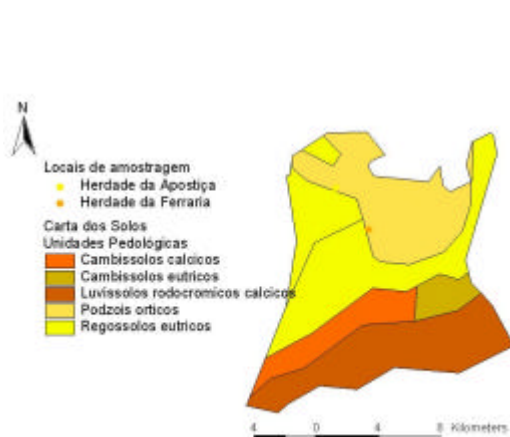


Figura A.51. – Carta de Solos - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

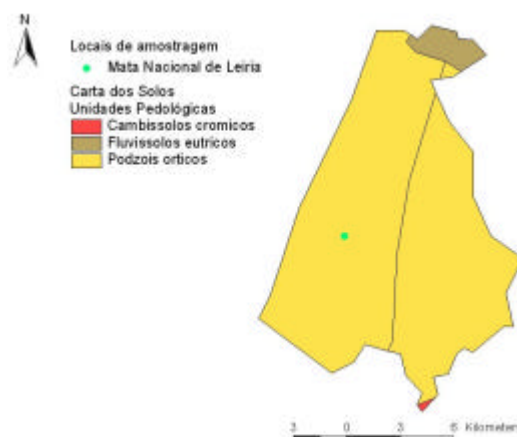


Figura A.52. – Carta de Solos - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.53. – Carta de Solos - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

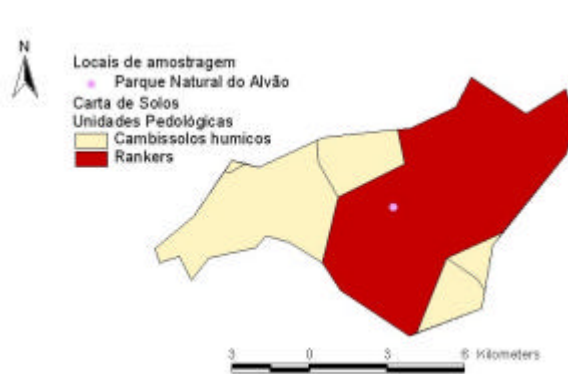


Figura A.54. – Carta de Solos - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.55. – Carta de Solos - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

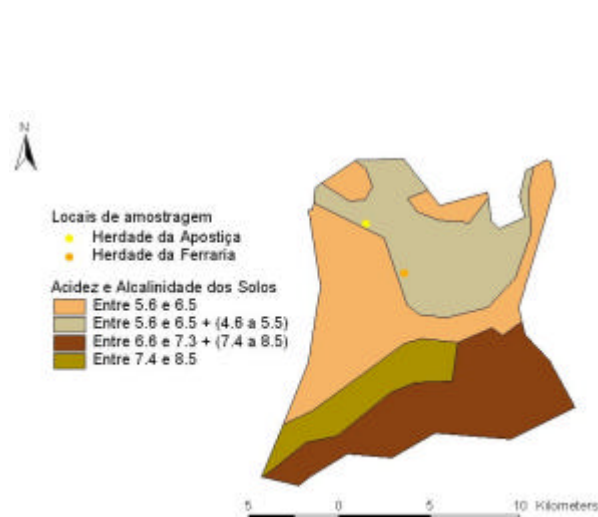


Figura A.56. – pH dos Solos - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).

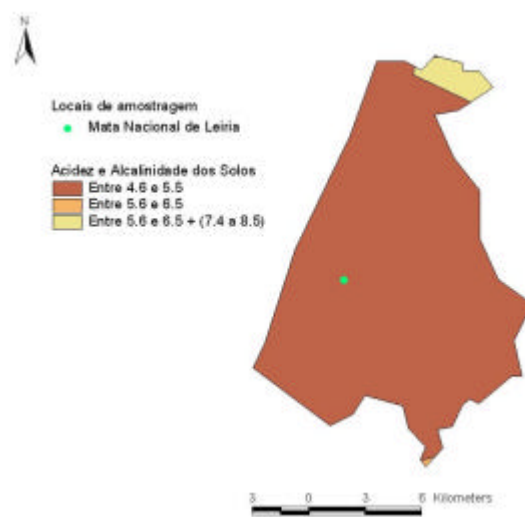


Figura A.57. – pH dos Solos - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

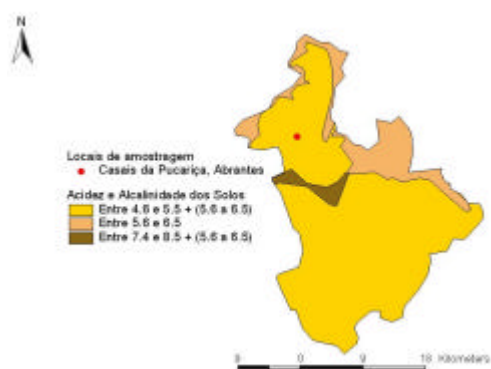


Figura A.58. – pH dos Solos - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

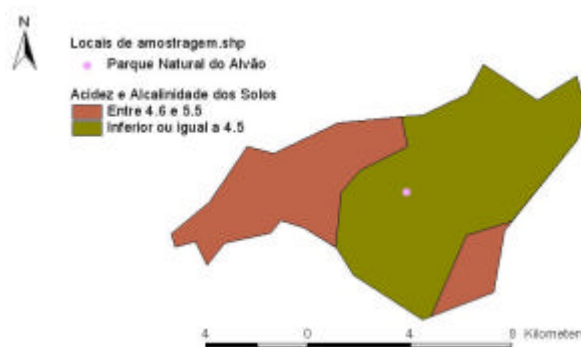


Figura A.59. – pH dos Solos - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).

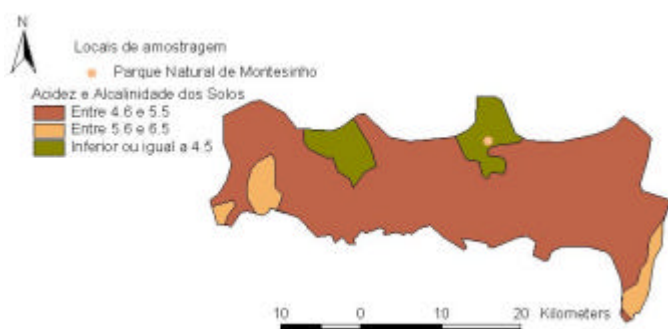


Figura A.60. – pH dos Solos - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

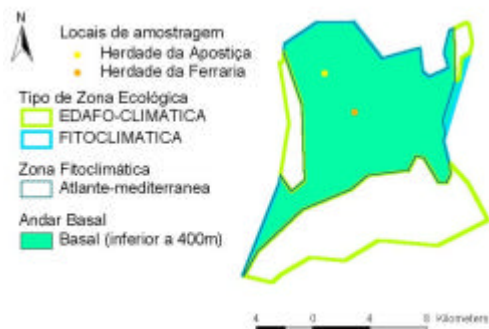


Figura A.61. – Zona Ecológica - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.62. – Zona Ecológica - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Atlas do Ambiente).

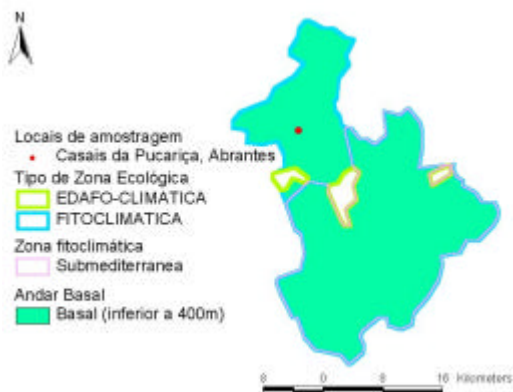


Figura A.63. – Zona Ecológica - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Atlas do Ambiente).

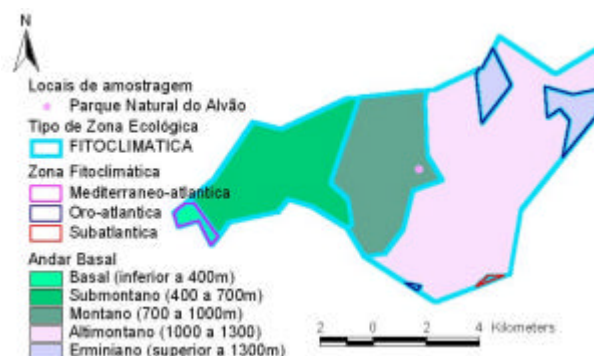


Figura A.64. – Zona Ecológica - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Atlas do Ambiente).



Figura A.65. – Zona Ecológica - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Atlas do Ambiente).

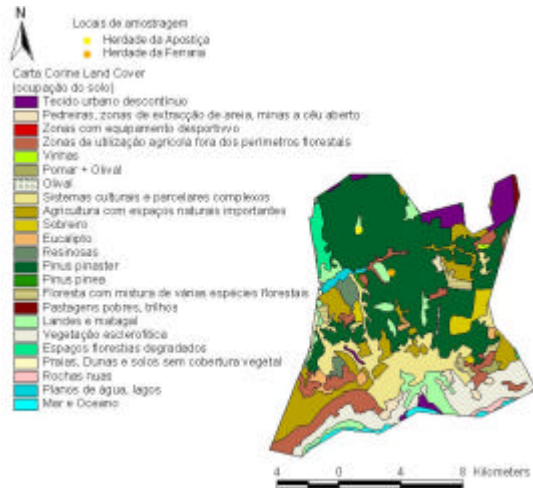


Figura A.66. – Carta de Ocupação do Solo - Herdade da Apostiça e Herdade da Ferraria, Península de Setúbal (fonte: Corine Land Cover).

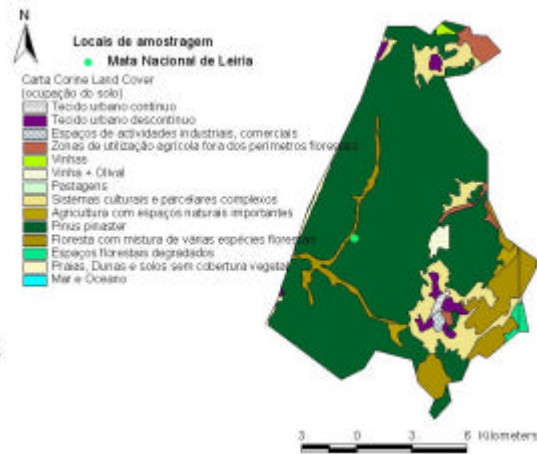


Figura A.67. – Carta de Ocupação do Solo - Mata Nacional de Leiria, Marinha Grande (fonte: Corine Land Cover).

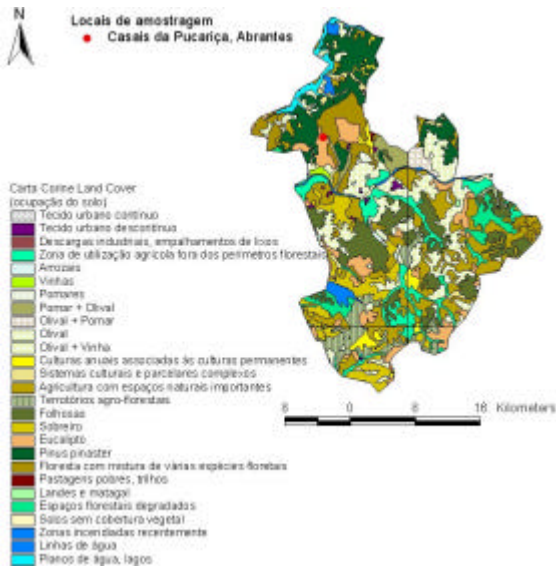


Figura A.68. – Carta de Ocupação do Solo - Casais da Pucariça, Abrantes (fonte: Corine Land Cover).

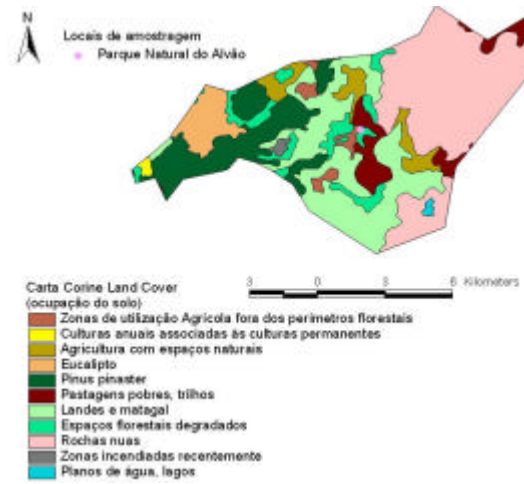


Figura A.69. – Carta de Ocupação do Solo - Parque Natural do Alvão, Vila Real (fonte: Corine Land Cover).



Figura A.70. – Carta de Ocupação do Solo - Parque Natural de Montesinho, Bragança (fonte: Corine Land Cover).

Tabela A1 - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque Natural do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostiça			Herdade da Ferraria		
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀
ENSIFERA – Tettigoniodea																		
Phaneropteridae																		
<i>Phaneroptera nana nana</i> Fieber, 1853	23-08-2000	2					03-05-1998	1		18-08-1998		1				08-10-1998	1	2
	04-09-2000		1				03-09-1998	1	2							16-10-1998	1	2
							27-07-1999		1									
<i>Odontura (Odonturella) aspericauda</i> (Rambur, 1839)	04-09-2000		1															
Conocephalidae																		
<i>Ruspolia nitidula</i> (Scopoli, 1786)										24-08-1998	1		09-07-1998	1	3			
Tettigoniidae																		
<i>Tettigonia viridissima</i> Linnaeus, 1758	17-06-1999	2	4															
	06-07-1999	1																
	20-08-1999	1	4															
	20-08-2000	1																
<i>Platycleis (Platycleis) albopunctata albopunctata</i> (Goeze, 1778)	17-06-1999	1	1	20-07-1998	1	4	03-05-1999		3									
	06-07-1999	2	3															
	20-08-1999		3															
	20-08-2000		4															
	04-09-2000	1																
<i>Platycleis (Platycleis) intermedia intermedia</i> (Serville, 1839)	17-06-1999	1																
<i>Platycleis (Platycleis) sabulosa</i> Azam, 1901	18-06-1999		2				27-07-1999		1	20-06-1999	1					15-06-1999		1
<i>Platycleis (Tessellana) tessellata</i> (Charpentier, 1825)	17-06-1999	1		19-07-1998		2				21-06-1999	1							
	06-07-1999	1	4															
	16-07-1999	2																
<i>Sepiana sepium</i> Yersin, 1854																04-06-1998	2	
<i>Yersinella raymondi</i> (Yersin, 1860)	20-08-1999	2	6															
<i>Thyreonotus bidens</i> Bolivar, 1887							12-08-1999		2	18-08-1998		1	25-08-1998		1	04-06-1998		2
							06-09-1999		2				29-08-1998		2	30-06-1998	1	
							21-10-1999	1	1				28-16-1999		1	01-07-1998		1
																09-10-1998		1
																20-10-1998		1
																02-11-1998		1
																07-08-2000	2	1
																18-08-2000		1
																28-08-2000		1

Tabela A1 (cont.) - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque Natural do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostiça			Herdade da Ferraria		
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀
<i>Rhacocleis grallata</i> (Pantel, 1886)																07.08.2000	1	1
<i>Pterolepis spoliata</i> Rambur, 1839	18-06-1999		1							18-08-1998		1				28-08-2000	1	1
<i>Antaxius spinibrachius</i> (Fischer, 1853)	18-06-1999	2	2	20-07-1998	1	3	03-05-1998	1										
	06-07-1999	3	4	21-07-1999	1	4	11-10-1999		1									
	16-07-1999	2	2				armadilhas											
	20-08-1999	12	11															
	23-08-2000	5	10															
<i>Ctenodecticus sp.</i>	07-05-1999		1				03-05-1999		1									
Bradyporidae																		
<i>Uromenus (Steropleurus) asturiensis</i> (Bolívar, 1898)	21-08-1999		1															
	23-08-2000	2	5															
	04-09-2000	1	1															
<i>Uromenus (Steropleurus) anapaulae</i> Schmidt, 2002										14-11-1998		1						
										08-08-2000	1							
<i>Platystolus (Neocallicrania) lusitanicus</i> (Aires & Menano, 1916) (Pfau, 1996)				16-07-1998	1													
				20-07-1998		1												
<i>Platystolus (Neocallicrania) serratus</i> (Bolívar, 1885)										26-07-1999		1				02-11-1998		1
										08-08-2000	1							
<i>Platystolus (Neocallicrania) selliger selliger</i> (Charpentier, 1825)	16-07-1999	1																
	15-08-2000		1															
ENSIFERA – Grylloidea																		
Gryllidae																		
<i>Gryllus campestris</i> Linnaeus, 1758	17-06-1999	1	1															
<i>Oecanthus pellucens</i> (Scopoli, 1763)	21-08-2000	1	1															
Mogoplistidae																		
<i>Arachnocephalus vestitus</i> Costa 1855																29-07-1998		2
																11-08-1998	1	
<i>Mogoplistes brunneus</i> Serville, 1839																11-08-1999		1

Tabela A1 (cont.) - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque Natural do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostiça			Herdade da Ferraria		
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀
CAELIFERA – Tetrigoidea																		
Tetrigidae																		
<i>Tetrix ceperoi</i> (Bolivar, 1887)	31-03-1999		1															
<i>Tetratettix undulata</i> (Sowerby, 1866)																09-10-1998	1	
CAELIFERA – Acridoidea																		
Pyrgomorphidae																		
<i>Pyrgomorpha conica</i> (Oliver, 1791)							13-06-1998	1		13-06-1998	1		20-05-1998		1			
Catantopidae																		
<i>Pezotettix giornae</i> (Rossi, 1794)										24-10-1998	1	1	08-10-1998	1	31	08-10-1998	19	22
													02-11-1998	2		02-11-1998	07	14
													13-08-1999			13-08-1999		01
<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)							02-09-1998	11	06	12-07-1998	23	28	23-06-1998	1		23-06-1998	1	
							17-11-1998	1		24-10-1998		2	01-07-1998	3	5	30-06-1998	1	1
							20-06-1999	44	44	20-06-1999	44	44	09-07-1998	3	3	01-07-1998	5	6
							24-08-1999	2		19-08-1999	3	5	21-08-1998		1	07-07-1998	2	
										20-08-1999	1	1	28-08-1998	1		23-07-1998	3	2
													01-09-1998	2	2	29-07-1998	12	2
													08-10-1998	9	18	21-08-1998	10	5
													09-11-1998		1	28-08-1998	4	5
													28-06-1999	3		01-09-1998	3	5
													13-08-1999	2		08-10-1998	4	4
													18-08-2000	1		02-11-1998		1
													28-08-2000	1	1	09-08-1999	7	1
																13-08-1999	4	2
																23-08-1999	3	2
																07-08-2000	4	1
																18-08-2000	2	3
																28-08-2000	4	2
<i>Calliptamus barbarus barbarus</i> (Costa, 1836)	16-06-1999	1		20-07-1998	3	2												
	06-07-1999		1															
	20-08-1999	16	15															
	28-08-1999	4	6															
	20-08-2000	4	6															
	03-09-2000	4	3															
<i>Anacridium aegyptium</i> (Linnaeus, 1764)										24-10-1998	2	3	23-10-1998		1			

Tabela A1 (cont.) - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque Natural do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostiça			Herdade da Ferraria		
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀
Acrididae																		
<i>Truxalis nasuta</i> (Linnaeus, 1758)							03-05-1998	1										
							03-09-1998	1										
<i>Locusta migratoria cinerascens</i> (Fabricius, 1781)							17-11-1998	4	2	13-06-1998		1	08-10-1998	1				
													09-11-1998		1			
<i>Oedaleus decorus</i> (Germar, 1826)	20-08-2000	1	1															
	03-09-2000	2	1															
<i>Oedipoda caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	06-07-1999	2	3	20-07-1998	1	1	02-09-1998	1	3	06-06-1998	2	2	02-06-1998		1	02-06-1998	1	2
	20-08-1999	11	14				17-11-1998	1	1	14-06-1998	4	3	04-06-1998	7	3	03-06-1998	1	2
	28-08-1999	5	7				24-08-1999	1	2	12-07-1998	7	4	10-06-1998	10	7	04-06-1998	4	
	20-08-2000	4	6							19-08-1998	2	1	16-06-1998	2	1	10-06-1998	4	2
	03-09-2000	4	4							18-06-1999	5	6	23-06-1998	1	1	16-06-1998	3	3
										20-06-1999	8	7	30-06-1998		1	23-06-1998	4	5
										26-06-1999		2	23-07-1998	2	6	30-06-1998	2	2
										20-08-1999	1	1	29-07-1998	2	3	01-07-1998	12	05
													28-08-1998	1		07-07-1998	5	4
													01-09-1998	9	9	23-07-1998	4	5
													08-10-1998	4	10	29-07-1998	6	3
													28-06-1999	3	2	21-08-1998	2	3
													09-08-1999	9	8	28-08-1998	3	3
													13-08-1999	2	2	01-09-1998	5	8
													23-08-1999		1	08-10-1998	1	3
													18-08-2000	1	2	02-11-1998		1
													28-08-2000		1	09-08-1999	3	1
																23-08-1999	2	2
																07-08-2000	1	2
																18-08-2000		1
																28-08-2000	1	1
<i>Oedipoda fuscicincta caerulea</i> Saussure, 1884				20-07-1998	1	3										23-08-1998	1	3

Tabela A1 (cont.) - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque Natural do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostaça			Herdade da Ferraria				
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀		
<i>Sphingonotus azurescens</i> (Rambur, 1838)							24-08-1999	1		12-07-1998	1	1	16-06-1998	1		06-06-1998	1			
									19-08-1999		1		23-06-1998	1	1	30-06-1998	2			
													30-06-1998	2	1	01-07-1998	1			
													01-07-1998		1	07-07-1998	1	1		
													07-07-1998	3	1	23-07-1998	6	8		
													23-07-1998	2	1	21-08-1998		1		
													29-07-1998	8	7	13-08-1999		1		
													21-08-1998	4	2	23-08-1999		1		
													01-09-1998	1	1	07-08-2000	1	1		
													08-10-1998	3	2	18-08-2000	2	1		
													02-11-1998	1	2	28-08-2000		1		
													09-11-1998		1					
													28-06-1999		1					
													09-08-1999	1	7					
													13-08-1999	1	4					
													23-08-1999	2						
													18-08-2000	2	1					
													28-08-2000	1						
	<i>Jacobsiella imitans</i> (Brunner, 1882)													13-06-1998		2	19-08-1998		2	
														12-07-1998	5	3	21-06-1999	4	4	
													19-08-1998	3	2			01-07-1998	1	1
													20-06-1999	2	2			09-07-1998	1	5
													21-06-1999	4	4			08-10-1998	1	
<i>Acrotylus insubricus</i> (Scopoli, 1786)	31-03-1999	1	1										14-06-1998	3	1	01-09-1998	1	1		
	04-09-2000	1	2																	
<i>Acrotylus patuelis</i> (Herrich-Schäffer, 1838)							02-09-1998	1	1	06-06-1998		2	04-06-1998			01-09-1998	1	1		
							17-11-1998		1				25-02-2000	2	1					
							24-08-1999	1												
<i>Aiolopus thalassinus</i> (Fabricius, 1781)													06-06-1998		2	04-06-1998	3	5		
													13-06-1998	1	1	23-06-1998	4	1		
																09-07-1998	3	2		
																08-08-1998		1		
																01-09-1998	4	8		
															08-10-1998	1	3			

Tabela A1 (cont.) - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostiça			Herdade da Ferraria		
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀
<i>Aiolopus strepens</i> (LATREILLE, 1804)	31-03-1999 07-05-1999 18-06-1999	2 1 2	4 1				19-08-1998		1	19-08-1998		1	23-06-1998 09-07-1998 08-10-1998 07-05-1999	1 1 1 1		08-10-1998		1
<i>Calephorus compressiformis</i> (Latreille, 1804)										14-06-1998	1							
<i>Arcyptera tomosi</i> Bolivar, 1884	18-06-1999	3	1															
<i>Dociolestes (Kazakia) jagoi occidentalis</i> Soltani, 1978	28-08-1999 20-08-2000 04-09-2000	4 7 6	6 11 9				02-09-1998	4	6				01-07-1998 09-07-1998 28-08-1998 01-09-1998 08-10-1998 28-06-1998	2 1 1 3 1 2	1	07-07-1998 29-07-1998 21-08-1998 28-08-1998 01-09-1998 08-10-1998	2 17 6 5 4 5	2 12 4 8 7 10
<i>Omocestus (Dirshius) raymondii</i> (Yersin, 1863)	30-05-1999 28-08-1999 18-06-2000 20-08-2000 03-09-2000		1 1 1 1 2	20-07-1998		4	03-05-1998		1	13-06-1998 24-06-1998 19-08-1998 24-09-1998 24-10-1998 20-06-1999 20-08-1999	2 1 2 1 2 1 2	5	01-09-1998 08-10-1998	1 2	4 3	01-09-1998 02-11-1998	1 1	
<i>Omocestus rufipes</i> (Zetterstedt, 1821)	31-05-1998 07-05-1999 30-05-1999 17-06-1999	1 1 1 3	1 1				03-05-1999	2	1	14-06-1998 12-07-1998 21-06-1999 19-08-1999 20-08-1999	3 1 2 3 3	2						
<i>Omocestus panteli</i> (Bolivar, 1887)	16-07-1998 31-05-1999 17-06-1999 28-08-1999 20-08-2000 03-09-2000	1 2 5 5 2	3 1 3 7 8 4	20-07-1998	1	1	03-05-1999		1	06-06-1998 21-06-1998 24-09-1998 24-10-1998	2 1 1 1	1	20-05-1998 22-05-1998 25-05-1998 04-06-1998 23-06-1998 09-07-1998 01-09-1998 04-09-1998 08-10-1998	4 2 2 2 1 2 4 2 1		22-05-1998 27-05-1998 02-06-1998 04-06-1998 10-06-1998	3 1 3 5 1	3 1 3 5 2
<i>Stenobothrus festivus</i> Bolívar, 1897				20-07-1998		1												

Tabela A1 (cont.) - Espécies de Orthoptera capturadas, entre Abril e Novembro de 1998 a 2000, nos locais de amostragem estudados.

Espécies encontradas	Parque Natural do Alvão			Parque Natural de Montesinho			Casais da Pucariça - Abrantes			Mata Nacional de Leiria			Herdade da Apostiça			Herdade da Ferraria		
	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀	Data	♂♂	♀♀
<i>Stenobothrus stigmaticus stigmaticus</i> (Rambur, 1838)	08-06-1999	2	3				03-05-1998	2	1	21-06-1999	1	2						
	28-08-1999	2	4															
	20-08-2000	2	4															
	03-09-2000	1	2															
<i>Myrmeleotettix maculatus</i> (Thunberg, 1815) <i>hispanicus</i> Harz, 1975	07-05-1999		1															
	16-06-1999	3	6															
	03-09-2000	1	3															
<i>Chorthippus jucundus</i> (Fischer, 1853)	16-07-1998	1	2															
	04-09-2000	1																
<i>Chorthippus parallelus erythropus</i> Faber, 1958	18-06-1999	2	1	20-07-1999		1				20-06-1999	1							
	28-08-1999	2	5															
	20-08-2000	1	4															
	04-09-2000	2																
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) apicalis</i> (Herrich-Schäffer, 1840)	17-06-1999	1					03-05-1998	3	2				06-06-1998	1	4			
	04-09-1999	1	1															
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) vagans</i> (Eversmann, 1848)	18-06-1999		1							13-06-1998	2		20-05-1998		1	08-10-1998	1	
	28-08-1999	7	7							19-08-1999	1	3	22-05-1998		1			
	20-08-2000	7	7										01-09-1998	1				
													08-10-1998		1			
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) binotatus binotatus</i> (Charpentier, 1825)	17-06-1999	1																
	28-08-1999	1	3															
	20-08-2000	2	4															
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) jacobsi</i> Harz, 1975	16-07-1998	1		20-07-1998		1	06-06-1998	1	4	21-06-1999		2	04-06-1998	1				
	16-06-1999	1	3				03-05-1999		1									
	16-07-1999		2				20-06-1999		1									
<i>Chorthippus (Glyptobothrus) yersini</i> Harz, 1975	18-06-1999	3	3	20-07-1998	2	4	19-06-1998	2	2	19-06-1998	2	2	27-05-1998	1	1	01-07-1998		1
							19-08-1998	4	4	24-10-1998		2				08-10-1998		1
							24-09-1998	1	1									
							24-10-1998		2									
<i>Euchorthippus chopardi</i> Descamps, 1968	16-07-1999	2	4															
<i>Euchorthippus pulvinatus gallicus</i> Marân, 1957	28-08-1999	4	5	20-07-1998	2	4							17-07-1998		1			
	20-08-2000	3	4															



Figura A.71 – Variação da altura dos pinheiros atacados por *T. pityocampa*, na Herdade da Apostiça, Península de Setúbal, em Janeiro de 2000.



Figura A.72 – Alguns locais na Herdade da Apostiça, Península de Setúbal, em Janeiro de 2000, após um intenso ataque de *T. pityocampa*.



Figura A.73 – Alguns locais em Casais da Pucariça, Abrantes, a) 1ª Zona, b) 2ª Zona, em Março de 2000.

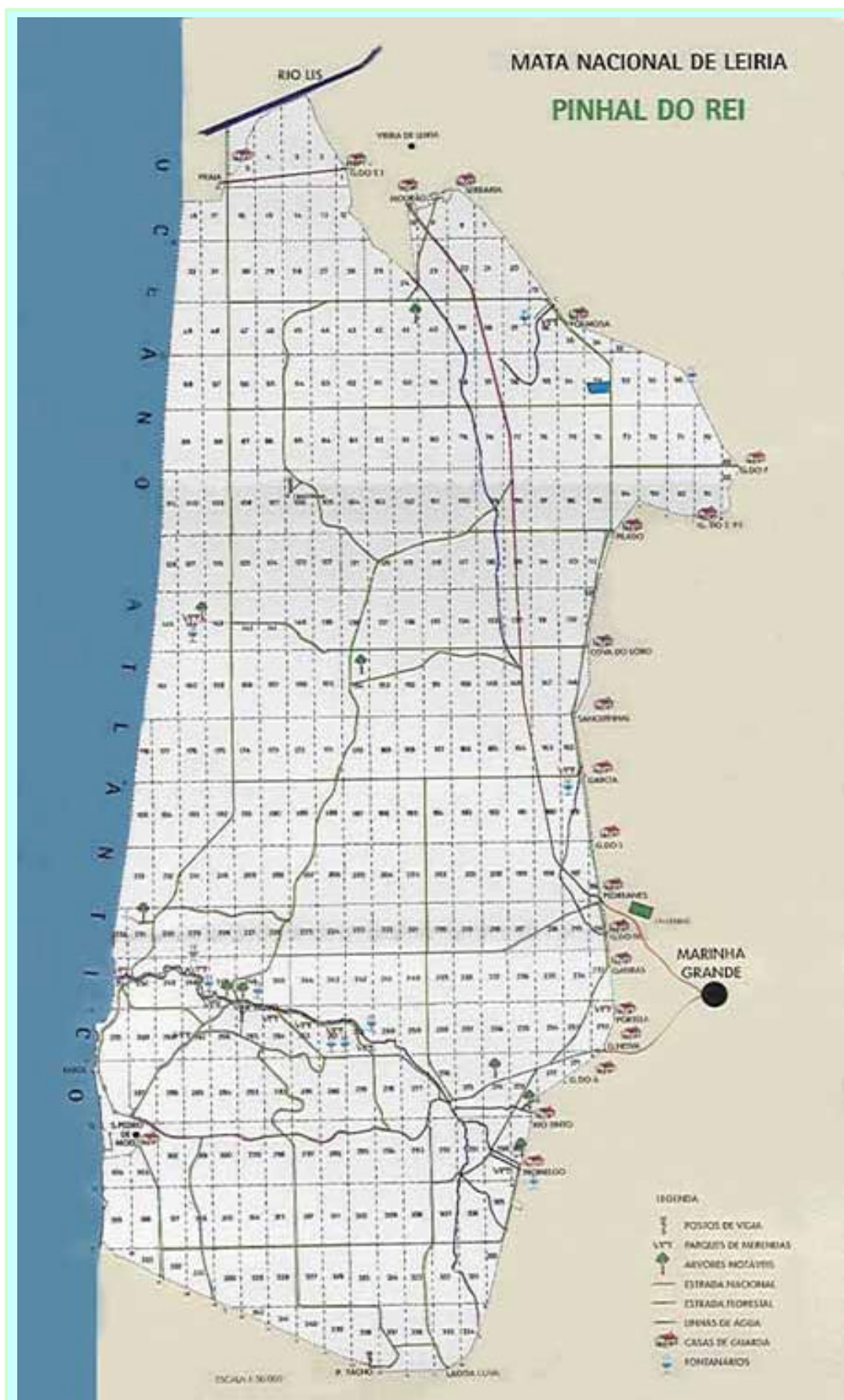


Figura A.74 - Mapa da Mata Nacional de Leiria, com indicação da divisão em talhões, sobre a qual se baseia a sua gestão.

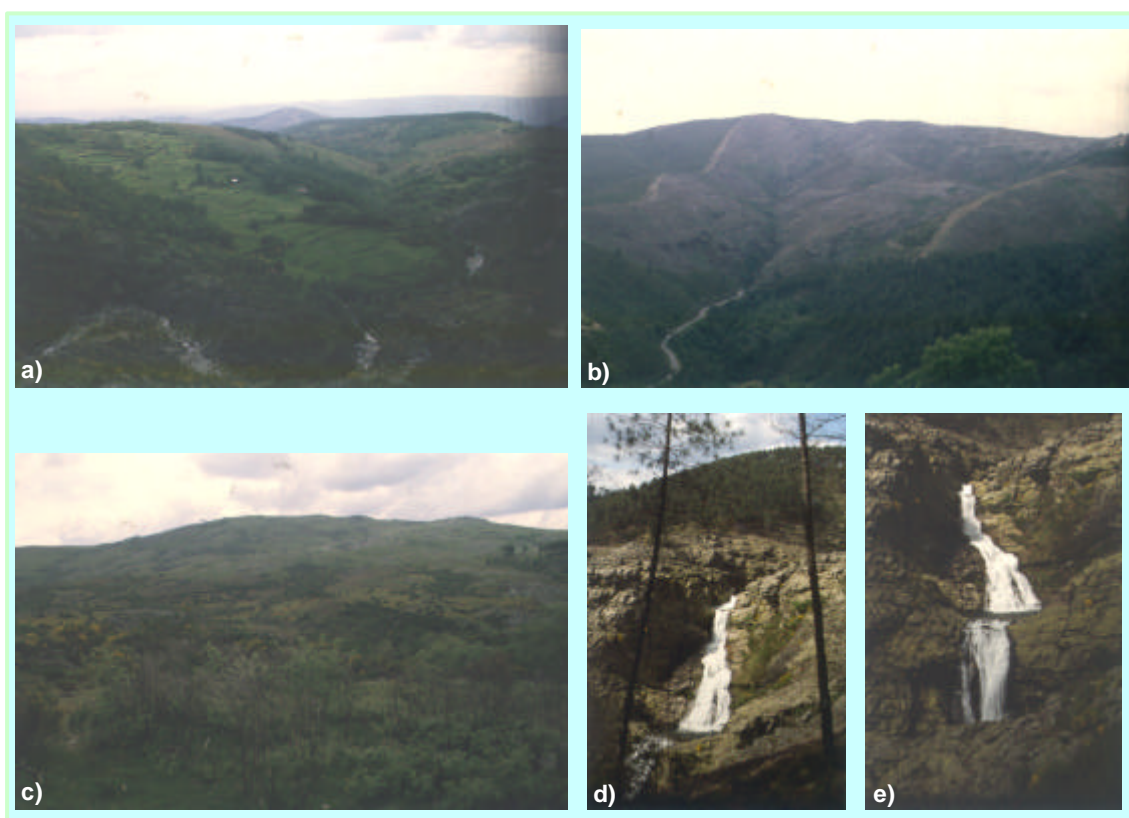


Figura A.75 – Alguns dos locais mais emblemáticos do Parque Natural do Alvão. **a)** Mosaico constituído por lameiros e pequenos bosques ao longo do rio Olo. **b)** e **c)** Vista geral da zona mais montanhosa. **d)** e **e)** Fisgas do Ermelo.



Figura A.76 – Vegetação num dos locais onde se procedia à recolha de tetigonídeos, no Parque Natural do Alvão. **a)** Ano de 1999, com a vegetação arbustiva. **b), c)** e **d)** Ano de 2000, após a limpeza total e queima da vegetação arbustiva.



Figura A.77 – Armadilha iscada com feromona sintética de fêmeas de *T. pityocampa* e com uma barra de inseticida, destinada à captura de machos, colocada a cerca de 2 metros do solo.

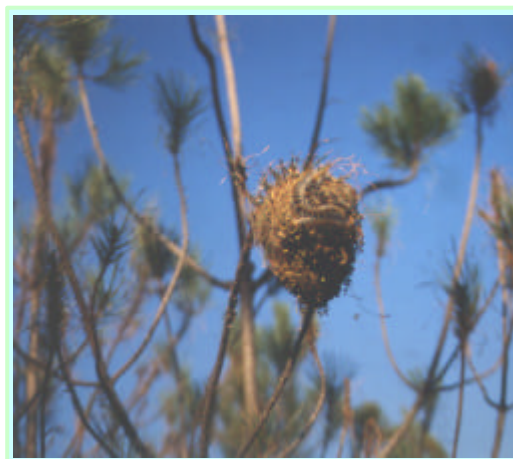


Figura A.78 - Ninho definitivo de *T. pityocampa* contendo larvas de 5º instar.



Figura A.79 – Experiências laboratoriais de alimentação – gaiolas individuais com diferentes espécies de tetigonídeos.

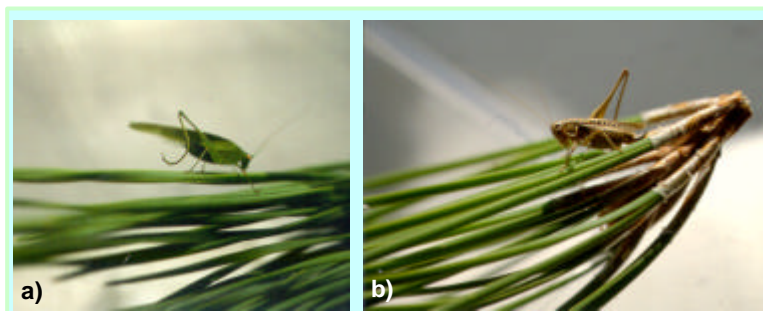


Figura A.80 - Exemplos de tetigonídeos que não são predadores de posturas e larvas de *T. pityocampa*.
a) *Phaneroptera nana nana*, **b)** *Platycleis (Tessellana) tessellata*.



Figura A.81 -. Posturas de *T. pityocampa* antes (a) e após a realização das experiências laboratoriais (b e c).



Figura A.82 - Tetigonídeo fêmea da espécie *Platystolus (Neocallicrania) serratus* a preda uma postura de *T. pityocampa*.



Figura A.83 - Tetigonídeo fêmea da espécie *Thyreonotus bidens* a preda uma postura de *T. pityocampa*.

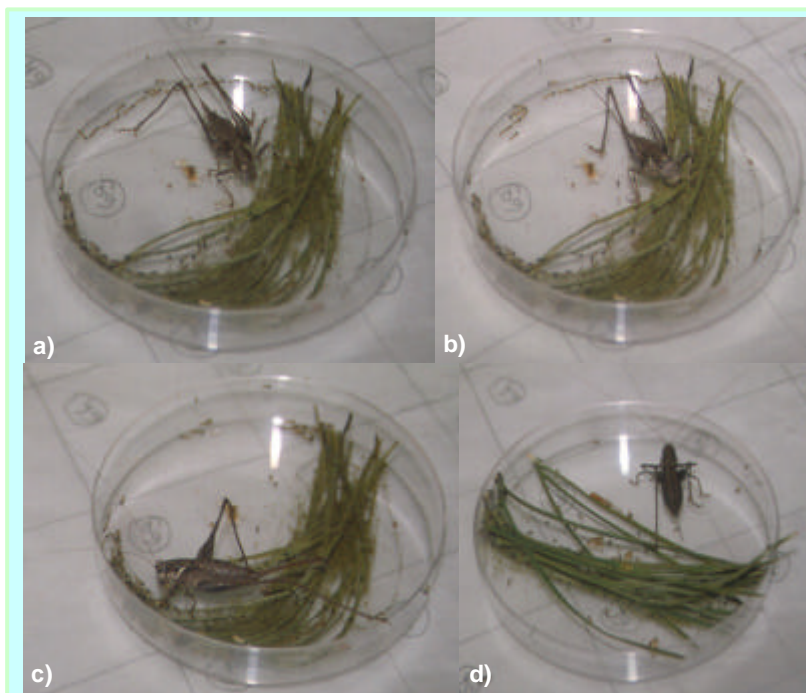


Figura A.84 - Sequência de observações, do comportamento de uma fêmea de *Antaxius spinibrachius*, a preda larvas de 1º instar de *T. pityocampa* que se encontravam num ninho provisório. Experiência realizada num a arena, nos laboratórios do Guecko – FCT/UNL, em Agosto de 2000.

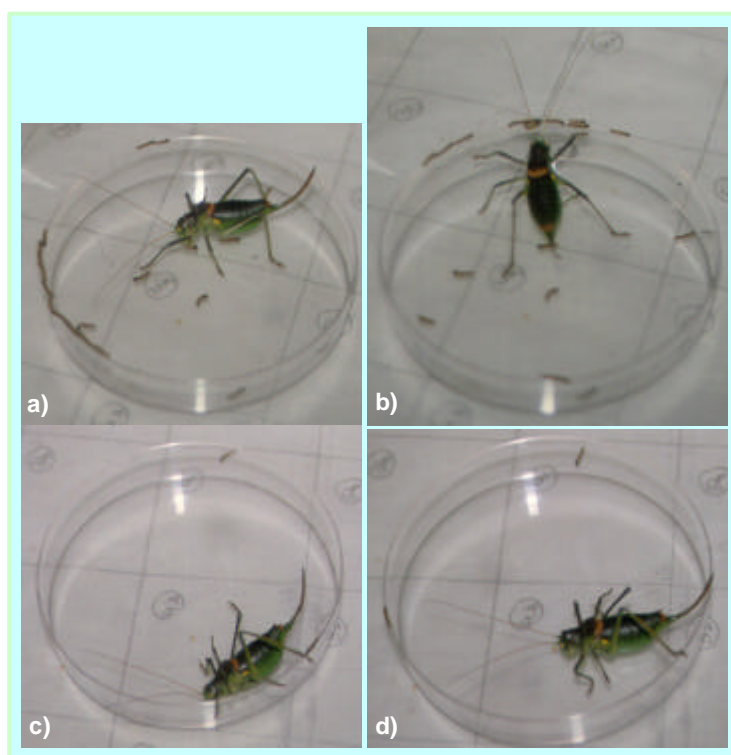


Figura A.85 - Sequência de observações do comportamento de uma fêmea de *Platystolus (Neocallicrania) lusitanicus*, a preda larvas de 2º instar de *T. pityocampa*. Experiência realizada num a arena, nos laboratórios do Guecko – FCT/UNL, em Agosto de 2000.

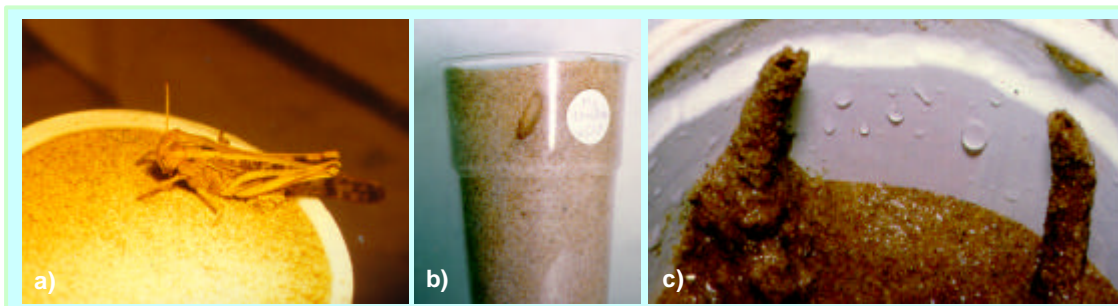


Figura A.86 – a) Fêmea de *L. m. cinerascens* a ovipositar; b) contentor utilizado para oviposição contendo uma ooteca e areia; c) ootecas após a remoção superficial da areia.

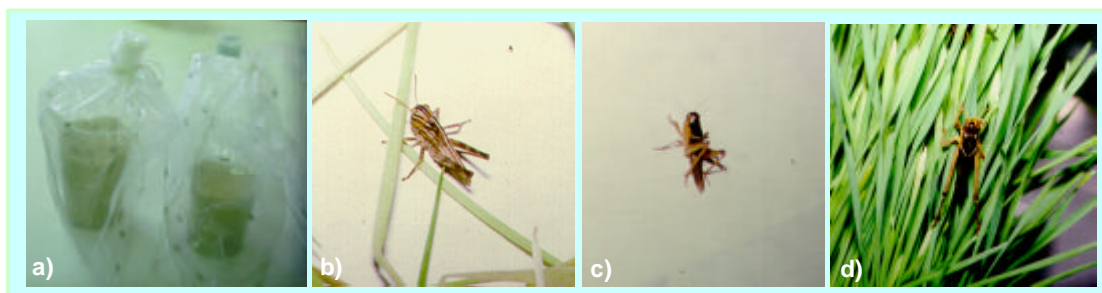


Figura A.87 – Diferentes estados de desenvolvimento das ninfas de *L. m. migratorioides*. a) ninfas de 1º instar, recém nascidas; b) ninfa de 2º instar; c) ninfa de 3º instar; d) ninfa de 4º instar.



Figura A.88 – Ambos os sexos da sub-espécie *Locusta migratoria migratorioides*, provenientes de criação laboratorial, Guecko, FCT/UNL.

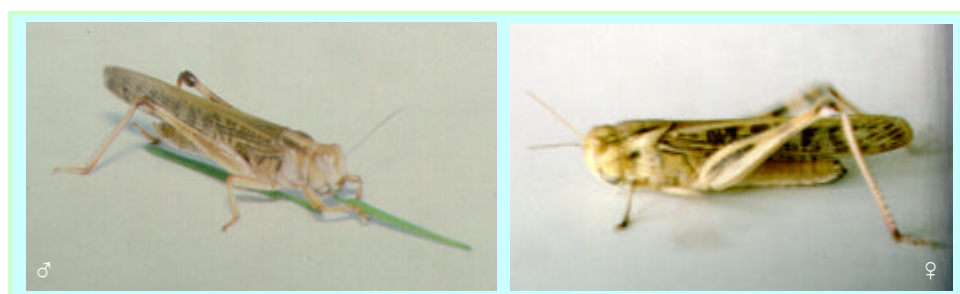


Figura A.89 – Ambos os sexos da sub-espécie *Locusta migratoria cinerascens*, provenientes de criação laboratorial, Guecko, FCT/UNL.

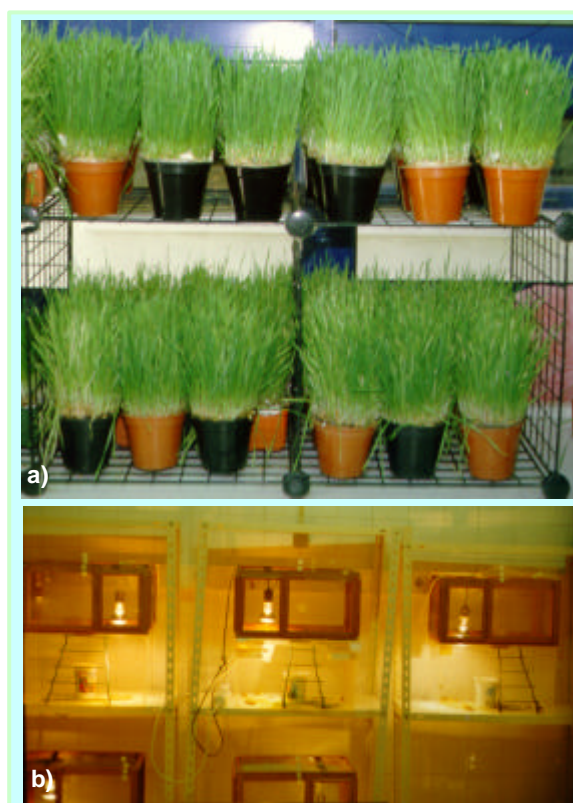


Figura A.90 – a) Alimento utilizado nas culturas laboratoriais de gafanhotos – trigo germinado hidroponicamente.
b) Criação laboratorial de *L. migratoria*, realizada nos laboratórios do Guecko, FCT/UNL.



Figura A.91 – Adultos de *L. m. migratorioides*, numa gaiola com uma densidade de 10 ♂♂ e 16 ♀♀ por gaiola.

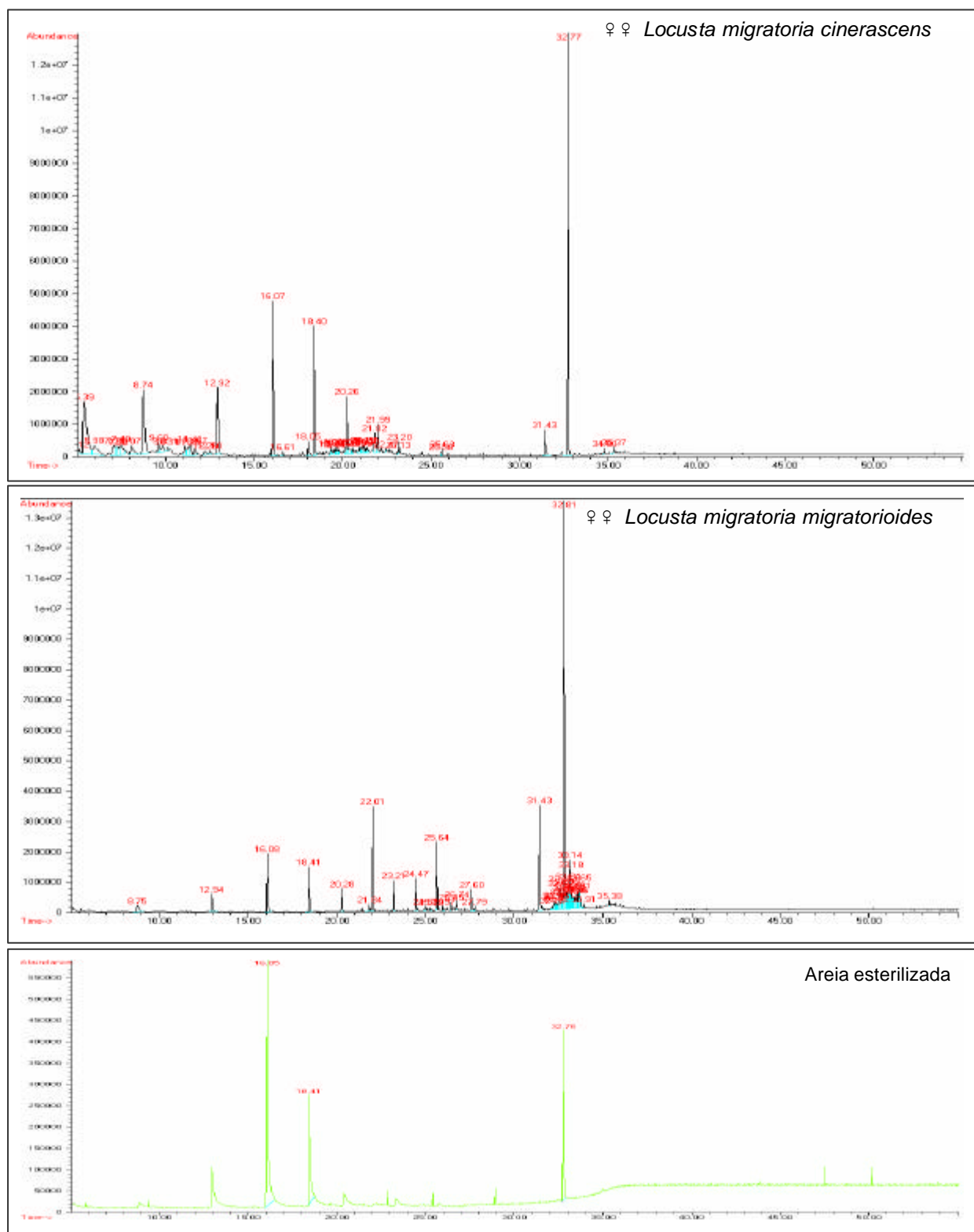


Figura A.92 - Cromatogramas de extractos de ootecas das duas sub-espécies analisadas e comparação com um controlo (areia esterilizada).

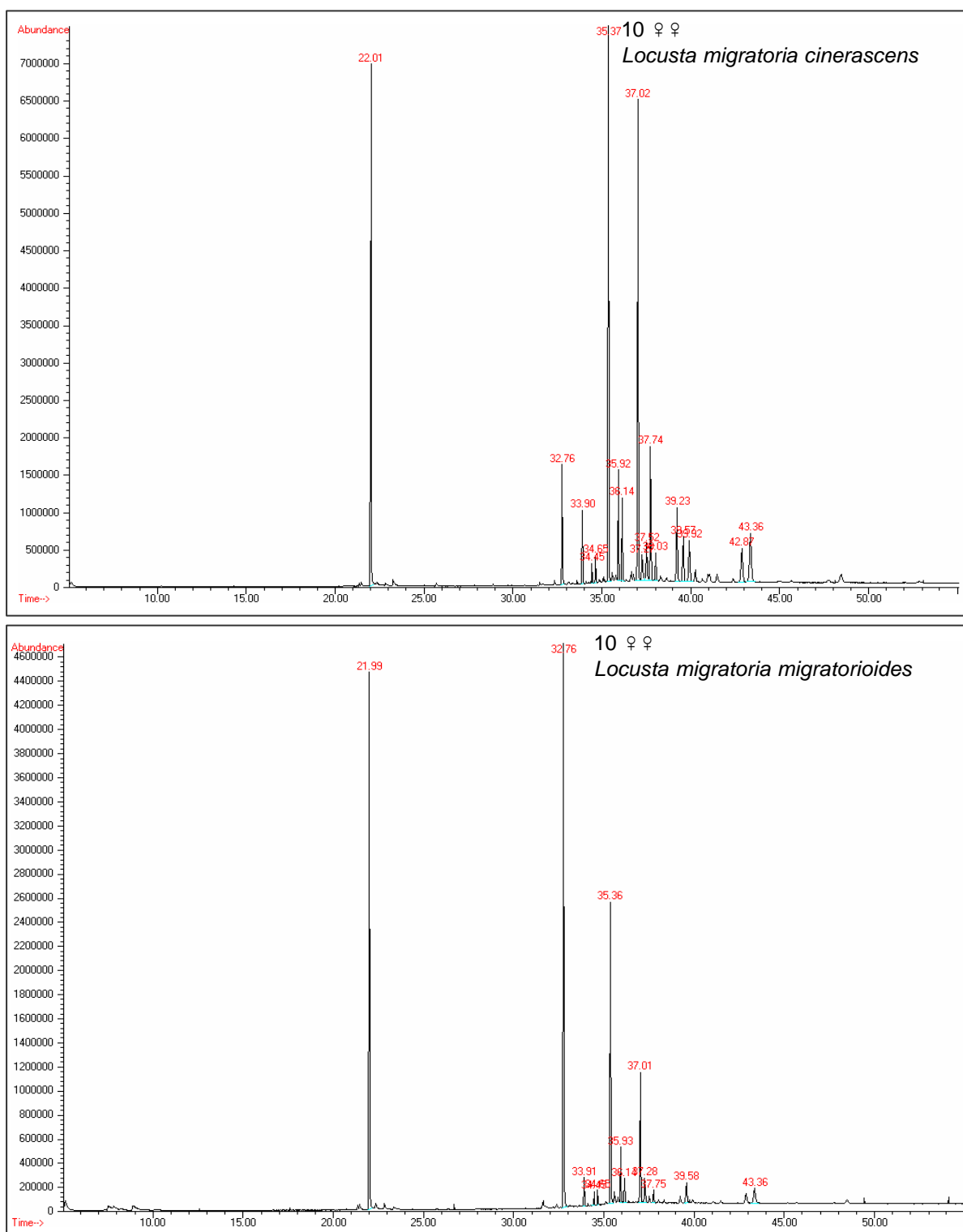


Figura A.93 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 10 ♀♀ das duas sub-espécies analisadas.

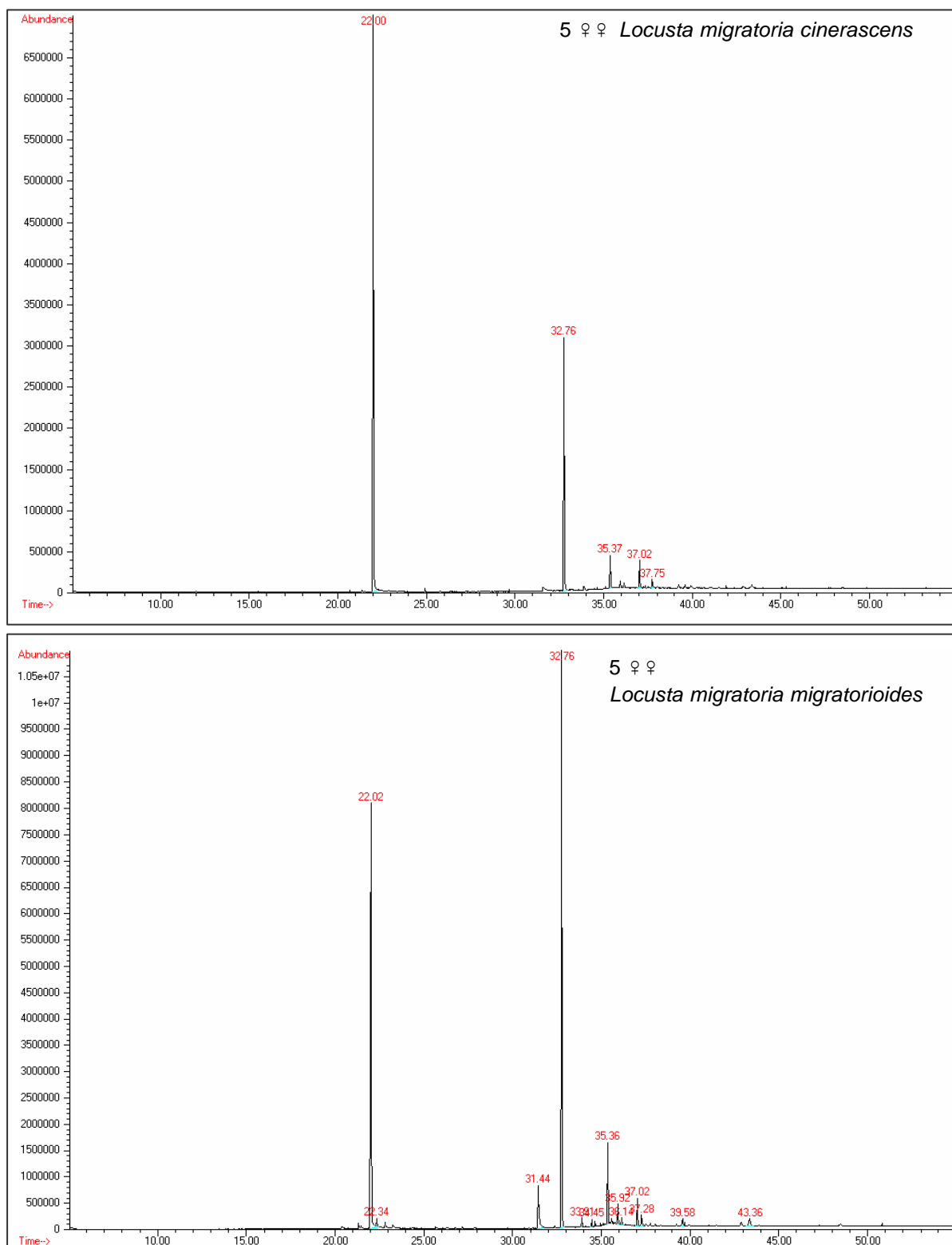


Figura A.94 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 5 ♀♀ das duas sub-espécies analisadas.

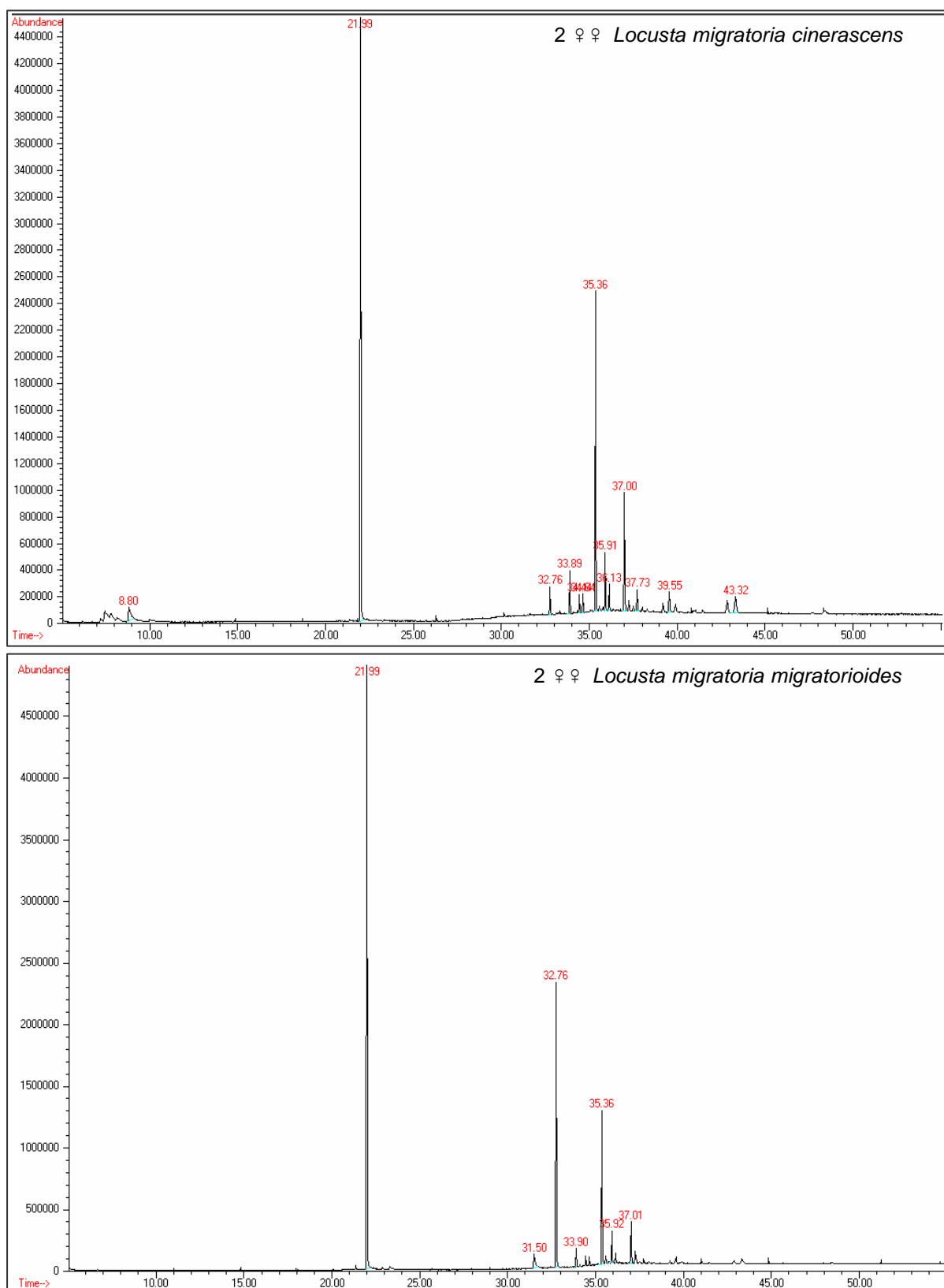


Figura A.95 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 2 ♀♀ das duas sub-espécies analisadas.

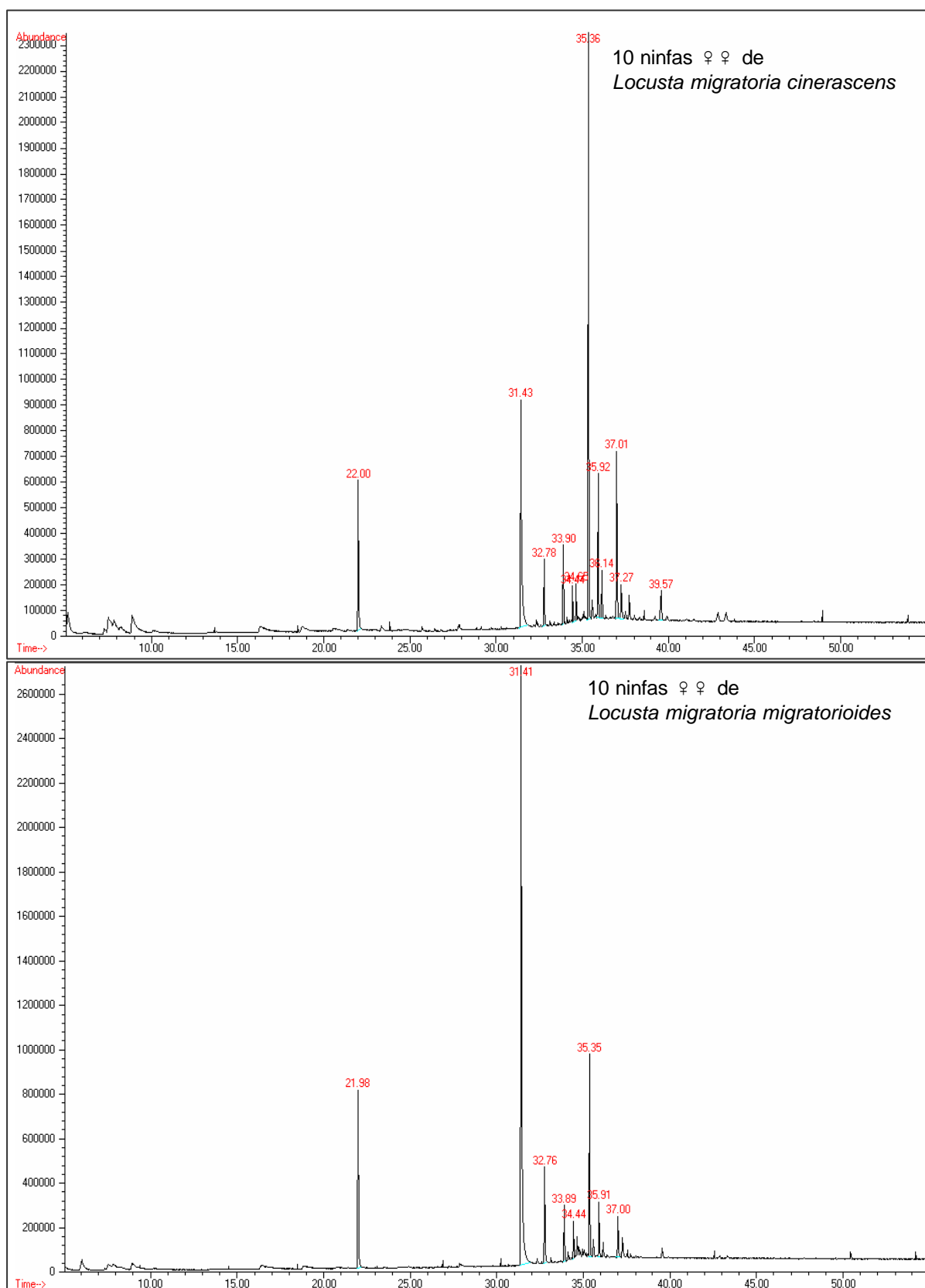


Figura A.96 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 10 ninfas ♀♀, último instar das duas sub-espécies analisadas.

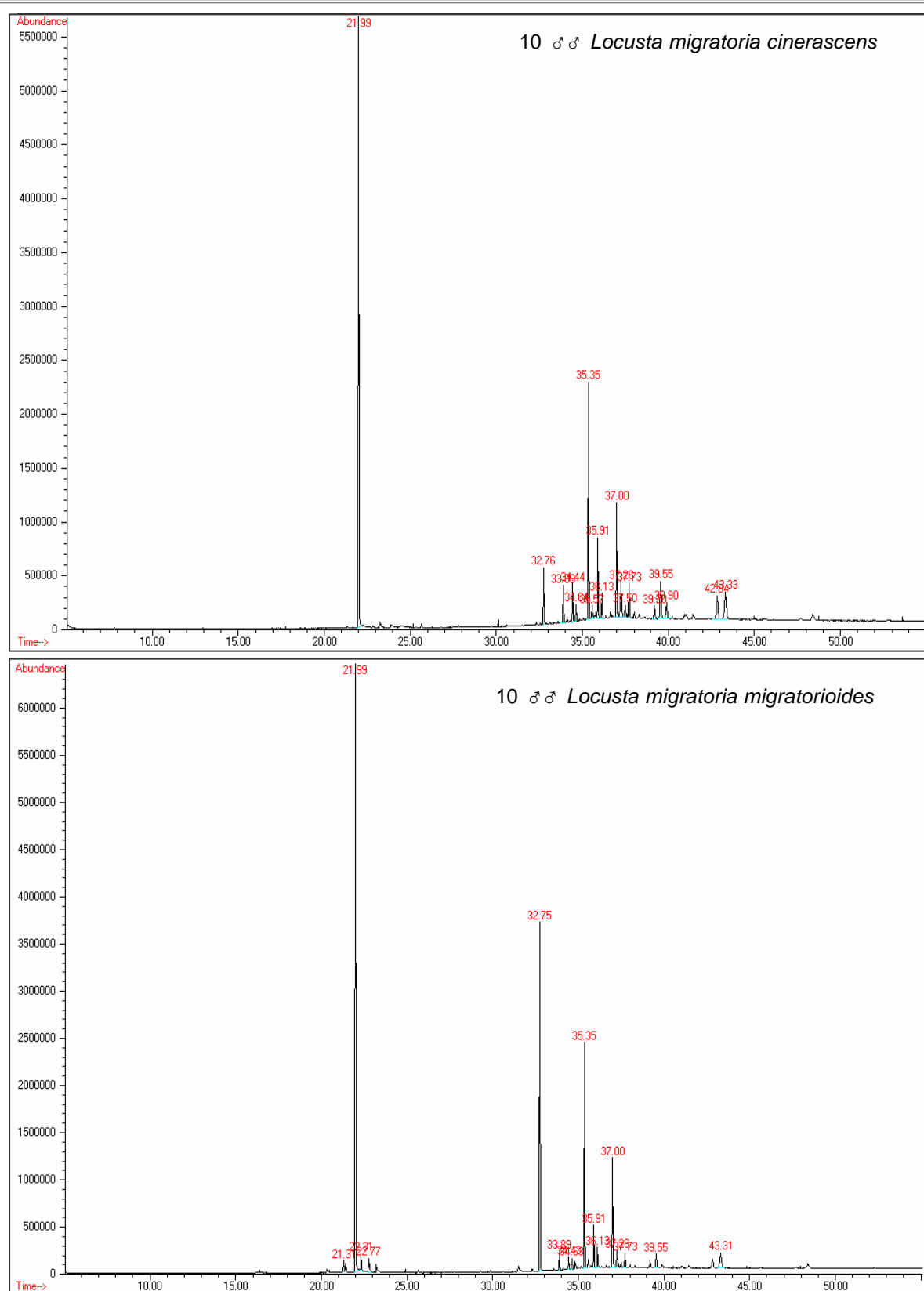


Figura A.97 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 10 ♂ das duas sub-espécies analisadas.

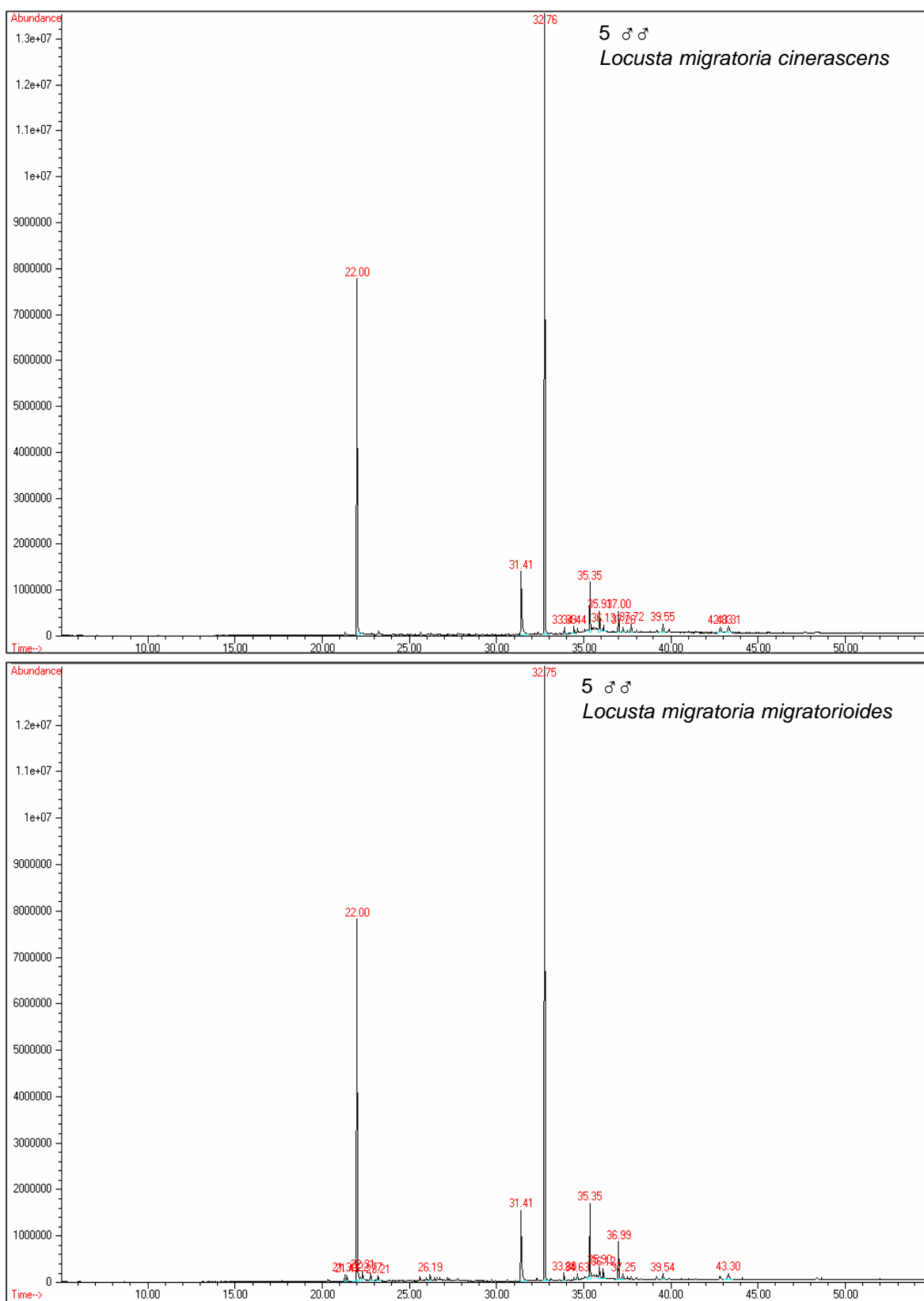


Figura A.98 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 5 ♂♂ das duas sub-espécies analisadas.

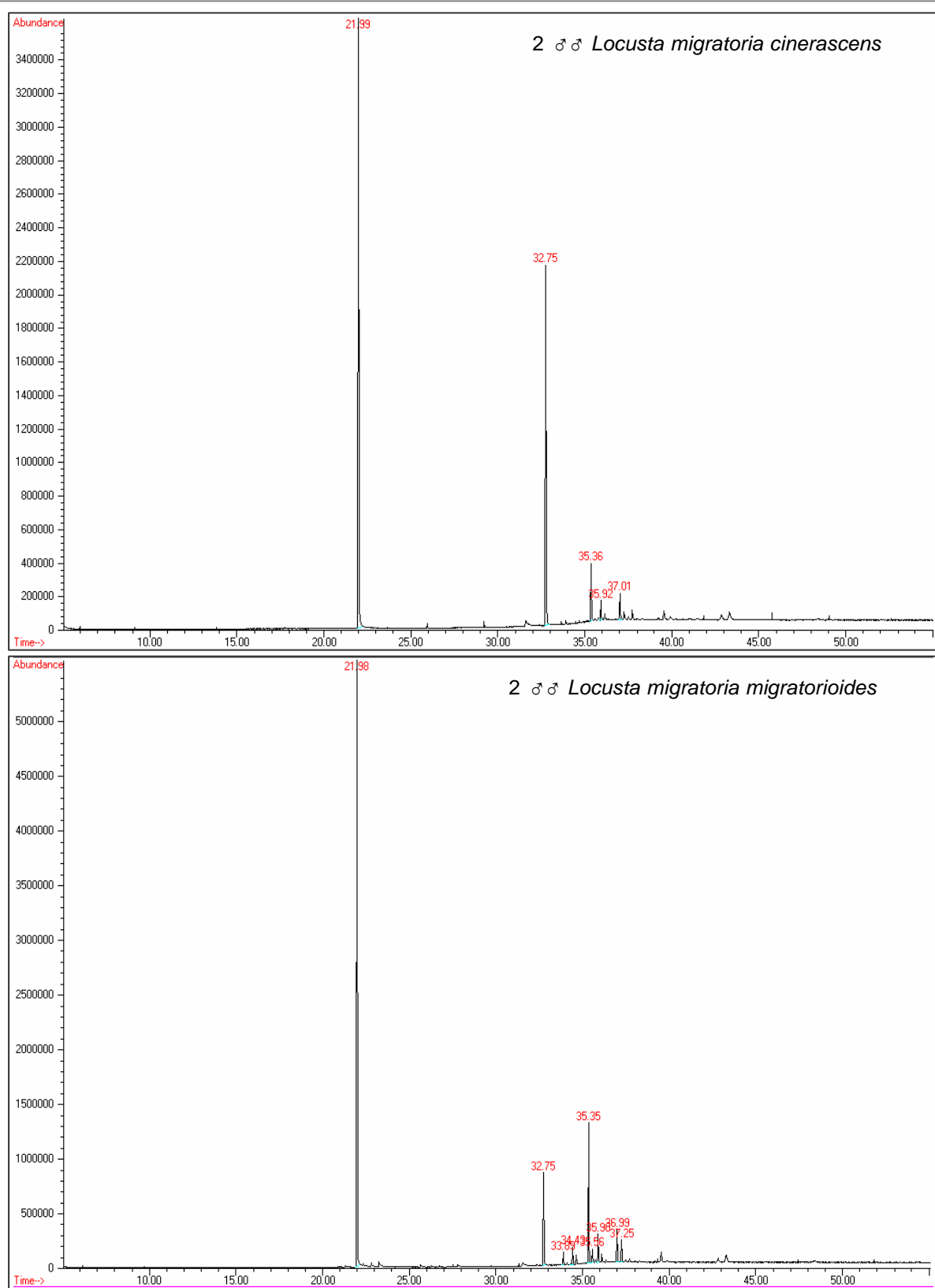


Figura A.99 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 2 ♂♂ das duas sub-espécies analisadas.

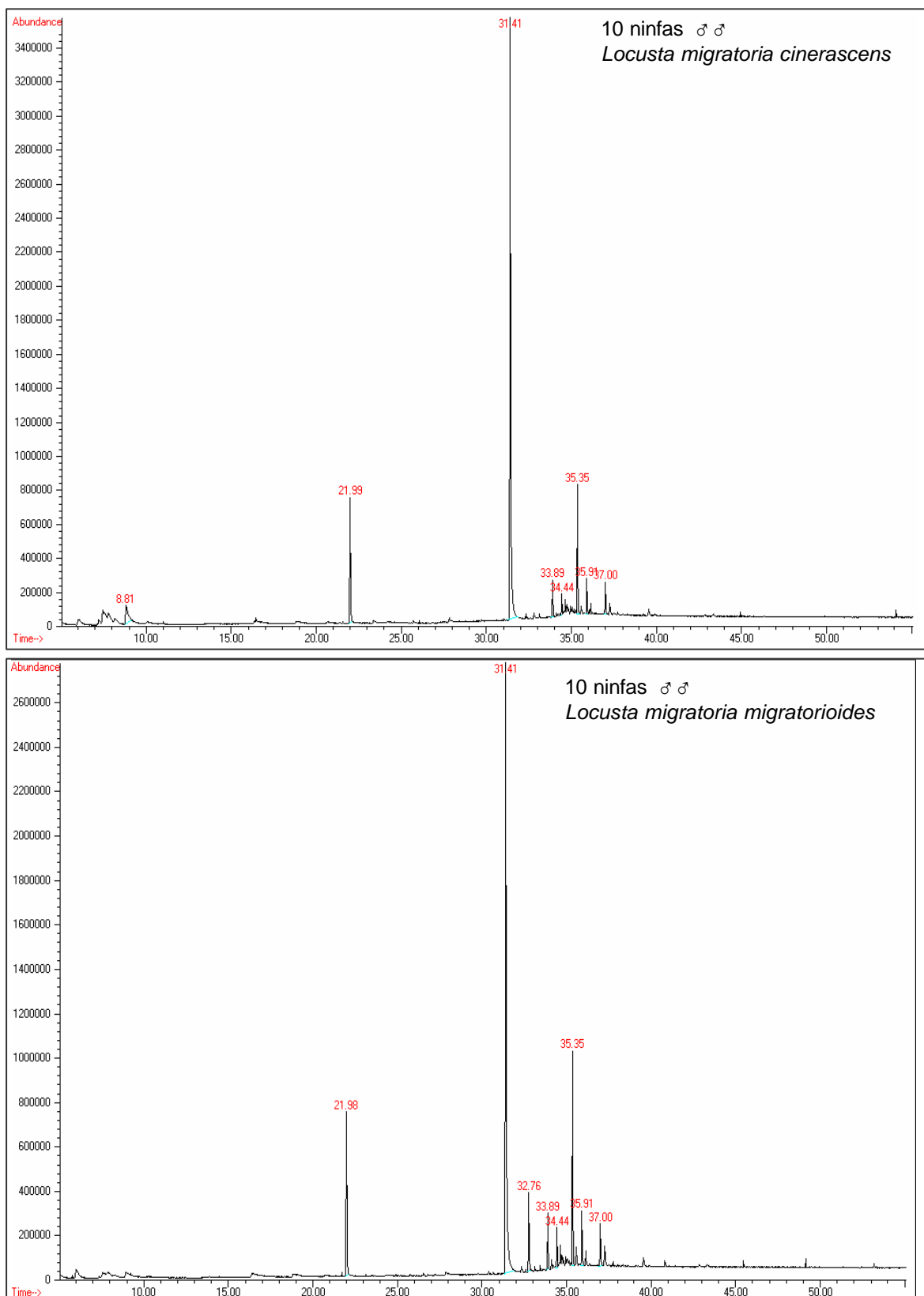


Figura A.100 - Cromatogramas de extractos provenientes de esferas de vidro colocadas no interior de uma gaiola conjuntamente com 10 ninfas ♂♂, último instar das duas sub-espécies analisadas.

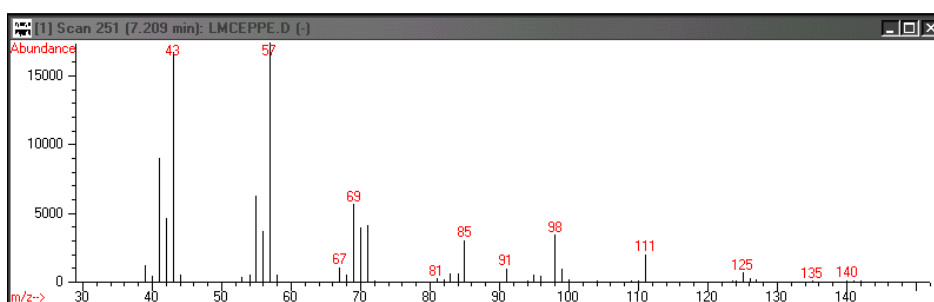


Figura A.101 - Espectro de massa do Pico 4, encontrado no extracto de ootecas de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: (z)-6-octen-2-one.

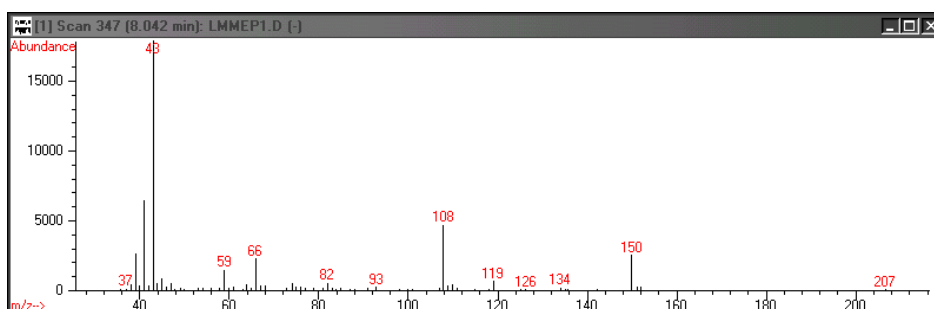


Figura A.102 - Espectro de massa do Pico 5, encontrado no extracto de ootecas de *L. m. migratorioides*. Possível identificação: anisol.

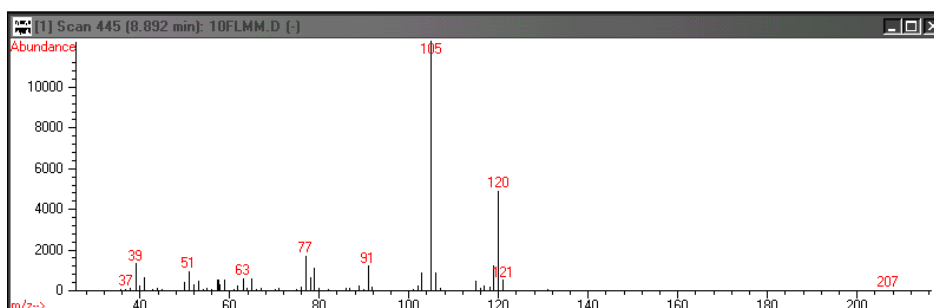


Figura A.103 - Espectro de massa do Pico 8, encontrado nos extractos de 10 ♀♀ e 10 ninfas último instar ♀♀ de *L. m. migratorioides*, e 2 ♀♀ e 10 ninfas último instar ♀♀ de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: benzoilnitrilo.

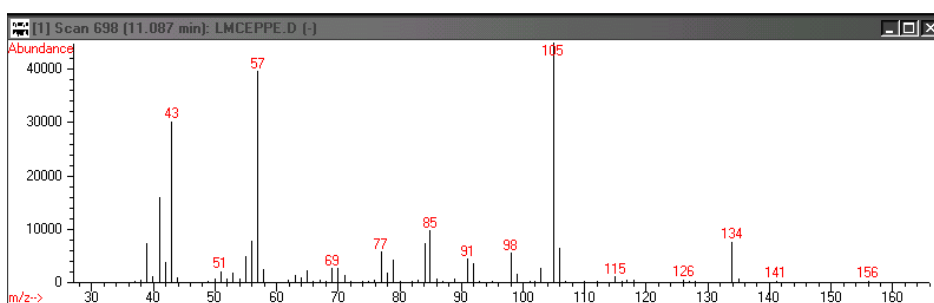


Figura A.104 - Espectro de massa do Pico 11, encontrado no extracto de ootecas de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: acetofenona.

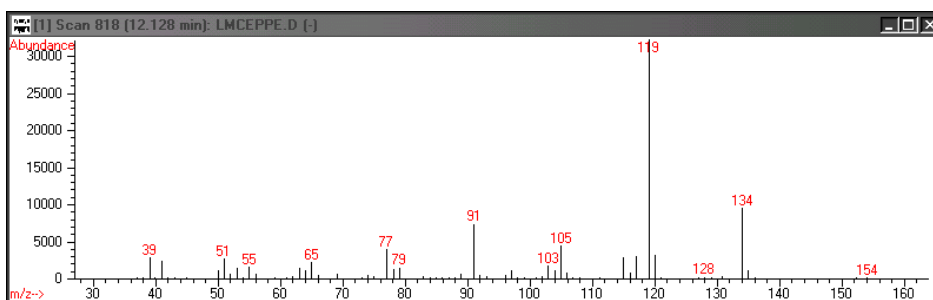


Figura A.105 - Espectro de massa do Pico 14, encontrado no extracto de ootecas de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: benzaldeído.

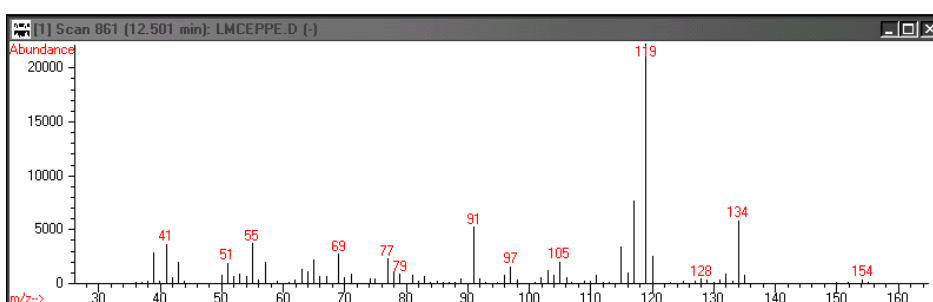


Figura A.106 - Espectro de massa do Pico 16, encontrado no extracto de ootecas de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: fenilacetonnitrilo.

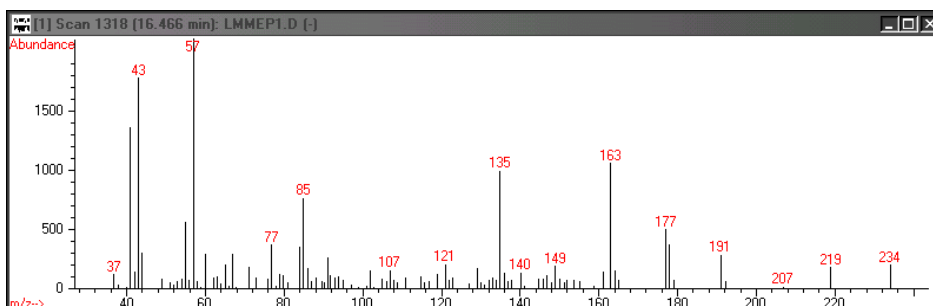


Figura A.107 – Espectro de massa do Pico 17, encontrado no extracto de ootecas de *L. m. migratorioides*. Possível identificação: 4-venilveratrol.

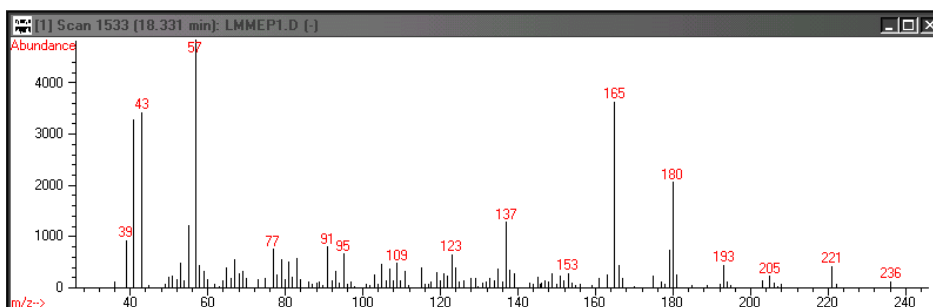


Figura A.108 - Espectro de massa do Pico 21, encontrado nos extractos de ootecas, 10 ♀♀, 5 ♀♀, 10 ♂♂ e 5 ♂♂ de *L. m. migratorioides*, e 10 ♀♀, 5 ♀♀, 2 ♀♀, 10 ♂♂ e 5 ♂♂ de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: (E,E)-3,5-octadien-2-one.

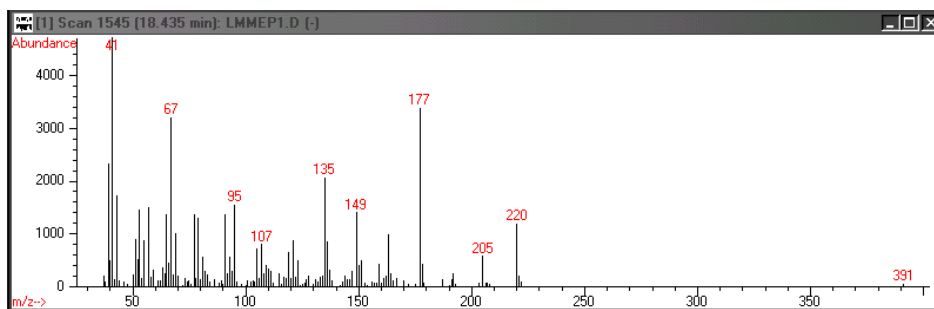


Figura A.109 - Espectro de massa do Pico 22, encontrado nos extractos de ootecas, 10 ♀♀, 5 ♀♀ e 10 ♂♂ de *L. m. migratorioides*, e 10 ♀♀ de *L. m. cinerascens*. Possível identificação: 2-methoxy-4-vinilfenol.

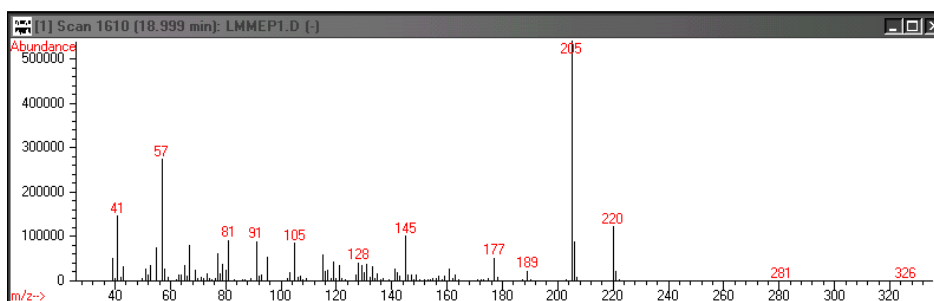


Figura A.110 - Espectro de massa do Pico 23, conservante do éter: Ionol.